Åke Edlén

WACHSTUM UND MILIEU BEI DAPHNIA MAGNA

EXPERIMENTELLE UNTERSUCHUNGEN ÜBER DEN EINFLUSS VON LICHT UND DUNKEL AUF WACHSTUM UND LEBENSLAUF

1943

A.-B. GLEERUPSKA UNIV.-BOKHANDELN, LUND

WACHSTUM UND MILIEU BEI DAPHNIA MAGNA

EXPERIMENTELLE UNTERSUCHUNGEN ÜBER DEN EINFLUSS VON LICHT UND DUNKEL AUF WACHSTUM UND LEBENSLAUF

AKADEMISCHE ABHANDLUNG

WELCHE ZUR ERLANGUNG DER MEDIZINISCHEN DOKTORWÜRDE MIT GENEHMIGUNG DER MEDIZINISCHEN FAKULTÄT ZU LUND IM HÖRSAAL DES ANATOMISCHEN INSTITUTS DIENSTAG DEN 20. APRIL 1943 UM 14 UHR ÖFFENTLICH VERTEIDIGT WIRD

VON

ÅKE EDLÉN
MED. LIC., GB.

LUND
HÅKAN OHLSSONS BOKTRYCKERI
1 9 4 3

R. UNIV
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

AUS DEM ANATOMISCHEN INSTITUT DER UNIVERSITÄT LUND
(DIREKTOR: PROFESSOR DR G. BACKMAN)

WACHSTUM UND MILIEU BEI DAPHNIA MAGNA

EXPERIMENTELLE UNTERSUCHUNGEN ÜBER DEN EINFLUSS VON LICHT UND DUNKEL AUF WACHSTUM UND LEBENSLAUF

VON

ÅKE EDLÉN

A.-B. GLEERUPSKA UNIV.-BOKHANDELN, LUND

UNIV
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

LUND
HÅKAN OHLSSONS BOKTRYCKERI
1 9 4 3

VORWORT.

Die vorliegende Arbeit ist in den Jahren 1940—42 am Anatomischen Institut der Universität Lund entstanden. Das Primärmaterial ist in Abschriften beim Anatomischen Institut der Universität Lund, bei den Universitätsbibliotheken Lund und Uppsala sowie der Bibliothek des Karolinischen Instituts in Stockholm hinterlegt.

Meinem verehrten Chef, Herrn Professor Med. Dr. GASTON BACKMAN, der in den Jahren, die ich an seinem Institut habe arbeiten dürfen, meine Studien mit nie erlahmendem Interesse verfolgt, durch seine grundlegenden Forschungen über das Wachstum mein Interesse für diese Fragen geweckt und mich in seine Analysenmethoden eingeführt hat, spreche ich meinen ehrerbietigen und herzlichen Dank aus.

Den Herren cand. med. STIG SAMUELSSON und cand. med. GUNNAR BJÖRKMAN danke ich herzlich für die Hilfeleistungen, die sie mir im Laufe meiner Experimente mehrfach erwiesen haben.

Fräulein BRITA SANDGREN und Assistentin ANNA-BRITA PAULSSON haben mir bei der Reinschrift der Tabellen geholfen, wofür ich ihnen herzlichen Dank sage.

Herrn Präparator OTTO MATTSSON, der sämtliche Diagramme gezeichnet hat, danke ich herzlich für seine sorgfältige Arbeit.

Für die deutsche Übersetzung meines Manuskripts danke ich Herrn stellvertr. Univ. lektor ERNST BLAUERT.

Meiner Frau danke ich schliesslich wärmstens für ihre unschätzbare Hilfe beim Lesen der Korrekturen.

Geldliche Förderung hat meine Arbeit von seiten der Kungl. Fysiografiska Sällskapet i Lund erfahren, wofür ich geziemend danke.

Lund, im März 1943.

Åke Edlén.

Einleitung.

Das Wachstum und die damit zusammenhängenden Probleme beschäftigen die Wissenschaft bereits seit über hundert Jahren. Es ist dabei selbstverständlich, dass man versucht hat, das Wachstum mathematisch zu analysieren und die mit dem Wachstum verknüpften Lebensäusserungen biologisch zu deuten. Ältere »Wachstumsformeln» sind die von VERHULST (1838, 1845 und 1847) und GOMPERTZ (1825) angegebenen mathematischen Funktionen. Diese haben bisher jedoch nur das Wachstum in gewissen Fällen auszudrücken vermocht, und auch dann mit gewissen systematischen Fehlern. Bestenfalls erwiesen sie sich als ein Mittel zur Ausgleichung des beobachteten Verlaufs der Kurve und zur Bestimmung von Zeit und Grösse der maximalen Geschwindigkeit. Im wahren Sinne biologische Analysen haben mit diesen Funktionen nicht ausgeführt werden können. Den Grund ihrer beschränkten Brauchbarkeit hat BACKMAN (1938) näher aufgezeigt. Erst mit BACKMANS (1925, 1931, 1932, 1939 a und b) Wachstumsuntersuchungen und seiner im Zusammenhang damit aufgestellten Wachstumsfunktion haben wir die Möglichkeit erhalten, die beobachteten Wachstumsverläufe biologisch zu analysieren.

In der vorliegenden Arbeit, die ein Beitrag zur Frage der Beziehungen zwischen Vererbung und Milieu sein möchte, namentlich was das Wachstum und die damit zusammenhängenden Probleme, wie das *Verhältnis zwischen Lebensdauer und Endgrösse*, betrifft, sind die erhaltenen Resultate ad modum BACKMAN analysiert worden, wobei auch der etwaige *Zusammenhang zwischen der Sterblichkeit und den sog. Quantengrenzen* (BACKMAN 1939 a) beachtet worden ist.

Seit der MENDELschen Entdeckung der Vererbungsgesetze ist das Problem der Beziehung zwischen Milieu und Vererbung der Gegenstand unablässiger Erörterung gewesen. Besonders gilt dies in bezug auf die quantitative und qualitative Bedeutung dieses oder jenes Faktors für die Ausformung der somatischen Eigenschaften. Vererbungsforscher wie Anhänger der Milieutheorie haben sich starker Übertreibungen schuldig gemacht. Aus dem ausserordentlich reichen einschlägigen Schrifttum erwähne ich hier nur KAMMERERS (1908, 1910, 1913) nunmehr abgelehnte Behauptung von der Erblichkeit erworbener Eigenschaften, JENNINGS (zit. nach NEWMAN, FREEMAN u. HOLZINGER 1937) etwas überraschenden Ausspruch, »what heredity can do, environment can also do», und MORGANS (1926), »... the geneticist should be the last person in the world to overlook the influence of the environment on the development of characters».

Dieser Standpunkt MORGANS wird heute allgemein eingenommen, und HOGBEN (1939) formuliert ihn folgendermassen: »Characteristics of organisms are the result of interaction between a certain genetic equipment contained in the fertilised egg and a certain configuration of extrinsic agencies.»

Ist es also klar, dass eine bestimmte Eigenschaft das Produkt sowohl der Vererbung als des Milieus ist, so ist doch weniger klar, in welchem Ausmass die Vererbung bzw. das Milieu an der Ausbildung der fertigen Eigenschaft teilgehabt hat. Dass das Zusammenwirken dieser beiden, der Vererbung und des Milieus, sehr komplizierter Natur ist und dass die quantitative und qualitative Abwägung der beiden gegeneinander eine grosse, für verschiedene Eigenschaften aber wechselnde Rolle spielt, ist ohne weiteres klar. So schreibt DAHLBERG (1926): »The state of a man in a given moment, is the result of his hereditary nature (genotype), and the environment in which he has developed. Both may vary. The hereditary structure determines the modes of reaction, the line of development. The environment may be of a certain nature, if this development is to take place, but on the other hand, it may modify the course of development both as to rate and direction.»

JENNINGS (1935) stellt folgende allgemeinen Prinzipien auf:

1. What are really inherited (passed from parent to offspring) are the genes; that is, certain materials that in certain combinations and under certain conditions give rise to certain definite characteristics.

2. With the same original genes, different environmental conditions may induce the production of diverse characteristics.

3. Also, with the same environmental conditions, different genes may induce the production of different characteristics.

4. The same difference in characteristics that s in one case produced by diversity of genes is in other cases produced by diversity of environment.

Besteht denn keine Gesetzmässigkeit der Reaktion zwischen Vererbung und Milieu?

VERNON (1903) schreibt: »It would probably be concluded that any given change of environmental condition would produce more effect in the earlier stages of development than in the later.» Und ferner: »... the permanent effect of environment on the growth of a developing organism diminishes rapidly and regularly from the time of impregnation onwards». — ... »thus it is obvious that the reaction of a growing organism to its environment must depend on its rate of growth at the time» ... »The initial effect gradually diminishes with progress of development, but never entirely disappears.»

Diese VERNONschen Erfahrungen sind von einer ganzen Reihe von Forschern an verschiedenen Versuchsobjekten und mit verschiedenen Methoden bestätigt worden (LEVY 1906, POLLOCK 1907, BARDEEN 1910/11, STOCKARD 1910, MORGULIS 1912, CHILD 1914, 1915, WHITING 1914, FISCHEL 1915, GEE 1916, KŘÍŽENECKÝ 1917, HARTMANN 1918, MILEWSKI 1918, BOAS 1920, JACKSON u. STEWART 1920, STOCKARD 1920/21, RUUD u. SPEEMANN 1923, DEUTSCH 1924, 1927, PODHRADSKÝ u. KOSTOMAROV 1925, PEARL, MINER u. PARKER 1927, WOSHRESSENSKY 1928, CONKLIN

1929, Pearl, White u. Miner 1929, Lynch u. Smith 1931, Commins 1932, Anderson 1933, Gilchrist 1933, Svetlov 1934, Job, Leibold u. Fitzmaurice 1935, Snider u. Kersten 1936, Park, Miller u. Lutherman 1939).

Das Milieu kann entweder hemmend oder fördernd einwirken, und zwar kann ein und dasselbe Milieu die Entwicklung einer bestimmten Eigenschaft hemmen und gleichzeitig die Entwicklung einer anderen begünstigen. Man könnte daher annehmen, dass ein gesetzmässiges Verhältnis bezüglich voneinander abhängiger Eigenschaften, wie z. B. Lebensdauer und Grösse, bestände. Menard (1885) schreibt auch: »chaque espèce a sa taille et sa durée de croissance».

Von dem Satze Rubners (1908) ausgehend, »der Anwuchs auf natürlichem Wege kostet also bei allen Tieren (ausser beim Menschen, der sie alle übertrifft) genau das Gleiche», könnte man eine negative Korrelation zwischen Endgrösse und Lebensdauer erwarten. Eine solche negative Korrelation ist jedoch nur von Wood u. Banta (1936) bei Untersuchungen an Daphnia longispina sowie von Anderson, Lumer u. Zupancic (1937) bei Untersuchungen an Daphnia pulex festgestellt worden, ferner von Edlén (1939) bei Daphnia magna.

Im allgemeinen hat man jedoch eine positive Korrelation zwischen Lebensdauer und Endgrösse gefunden. Allen (1876) fand, dass vom Äquator nach den kälteren Zonen hin die Säugetiere langsamer wuchsen, später geschlechtsreif wurden und eine grössere Durchschnittsgrösse erreichten. Mitchell (1913) erklärt: »Im allgemeinen brauchen die grösseren Tiere innerhalb einer Gruppe längere Zeit zum Heranwachsen als die kleineren der gleichen Gruppe.» King (1916/17) fand eine positive Korrelation zwischen Endgrösse und Lebensdauer bei der Ratte, Flower (1925) bei Batrachiae, Adolph (1929) bei Colpoda, einem Protozoon, Szabo u. Szabo (1929) bei Agriolimax agrestis L., einer Schnecke, Weymouth u. McMillin (1930) bei Siliqua patula, Baily (1931) bei Lymnea columella, Wexelsen (1937) bei Tauben.

Andere Forscher, so Disselhorst (1928), fanden »keine Beziehung zwischen Lebensdauer und Körpergrösse bei domesticierten und wildlebenden Säugetieren, auch keine Beziehung zu Wachstumsgeschwindigkeit, Entwicklungs- und Jugendzeit oder Körperenergie». Schon Bacon of Verulam (1638) schreibt: »generaliter magnitudo corporis in arboribus, cum diuturnitate (caeteris paribus) nonnihil habet commune ... Itaque generaliter (in speciebus dico, non in individuis) que mole grandiora sunt animalia, pusillis sunt longaeviora, *nisi aliqua causa potens rem impediat*» (vom Verf. kursiviert).

Unter experimentellen Verhältnissen hat man sowohl eine positive als eine negative Korrelation zwischen Endgrösse und Lebensdauer gefunden, und zwar vor allem je nach der angewandten Methodik. Hauptsächlich zwei Wege sind hier beschritten worden, nämlich teils Versuche mit verschiedenen Temperaturen und teils solche mit verschiedener Kost.

Die bei den Temperaturversuchen erhaltenen Resultate sind eindeutig und zeigen teils positive Korrelation zwischen Endgrösse und Lebensdauer, sowie teils, dass steigende Temperatur die Lebensdauer verkürzt und fallende Temperatur sie

verlängert; MALPIGHI (1878); Schmetterlinge, OSTWALD (1904): Daphnia pulex, MCCLENDON (1910): Daphnia, PAPANICOLAU (1910 a, b, c), RAU u. RAU (1912): Cecropia, AGAR (1913 a, b): Simocephalus vetulus und andere Cladoceren, LOEB u. NORTHROP (1917): Drosophila, FRITZSCHE (1917): Daphnia magna, VOLTERRA (1926, 1929): Daphnia longispina, ALPATOV u. PEARL (1929): Drosophila, MCARTHUR u. BAILLIE (1927, 1929 a, b): Daphnia magna, WOOD (1932): Salmo fario, PAGLIANI (1935): Daphnia pulex.

Alle diese Befunde, mit Ausnahme der Woodschen, sind jedoch an Evertebraten erhoben worden, haben aber vermutlich doch eine gewisse Allgemeingültigkeit. So schreibt v. BOETTICHER (1913): »Man kann sagen, dass in Übereinstimmung mit BERGMANNS (1847) Regel, tatsächlich die grösseren Formen kältere Gebiete bewohnen, sei es weiter nach Norden hin, sei es höher im Gebirge hinauf.» Dies steht in guter Übereinstimmung mit den von ALLEN, WEYMOUTH u. MCMILLIN (siehe oben) gemachten Erfahrungen. PÜTTER (1921) gibt an, »dass Tiere bei höherer Temperatur schneller wachsen, aber eine kleinere Endgrösse erreichen».

Eine Erklärung für die Einwirkung der Temperatur auf die Lebensdauer und damit auch die Endgrösse geben LOEB u. NORTHROP (1917) an, die finden, »dass die Lebensdauer denselben Temperaturkoefficienten hat, oder etwa 2 bei 10° Differenz, wie die chemischen Reaktionen. »The limiting factor» muss deshalb ein Prozess sein derselben Art wie gewöhnliche chemische Reaktionen, und darin bestehend, dass entweder eine gewisse Substanz produciert wird, oder eine inhibitorische zerstört wird». Dasselbe finden MCARTHUR u. BAILLIE (1929 a) bei Versuchen mit Daphnia magna. Eine Parallele dazu ist der von vielen Forschern (nähere Daten in BACKMANS Arbeit »Lebensdauer, 1943 c) gefundene Unterschied, der zwischen Männchen und Weibchen hinsichtlich der Grösse und Lebensdauer besteht, und zwar haben die Männchen in der Regel eine kürzere Lebensdauer, aber auch einen höheren Umsatz als die Weibchen.

Die Temperatur ist also das mächtigste bisher bekannte Mittel, auf Lebensdauer und Endgrösse einzuwirken. Von allen Untersuchungsverfahren sind die Temperaturversuche die am besten bekannten und ihrer Natur nach am besten klargelegten. Die Temperaturwirkung ist, wie ALPATOV gezeigt hat, völlig gesetzmässig. Er fand, dass Temperatur und Lebensdauer in einem exponentiellen Verhältnis zueinander stehen. Trotzdem ist es fraglich, ob Temperaturversuche eine generelle Klarstellung der Beziehung Körperlänge—Lebensdauer ermöglichen. Die bisher gefundenen Ergebnisse darf man zweifellos nicht als allgemeingültig betrachten, vielmehr gelten sie nur unter den jeweils gegebenen Voraussetzungen. MCARTHUR u. BAILLIE (1929 b) ziehen aus ihren Ergebnissen diese Folgerungen: »The results contribute additional quantitative supports to Rubner's view that 'a definite sum of living action determines the physiological end of life'. The duration of life varies inversely with the intensity of the metabolism. At all normal temperatures and in both sexes the product, length of life × heart rate, is approximately a constant; that is, nearly the same total number of heart beats, some 154000000, occurs in daphnid's life regardless of temperature or sex. What the organism appears to

recieve is not a definite allotment of days, but rather of a specific sum total of 'vitality'. The life span is condensed or lengthened as the average metabolic level is raised or lowered. Life runs out its course to its natural term with a velocity directly proportional to the catabolic rate or, as commonly expressed, according to rapidity of 'wear and tear' ... Differences and changes in metabolic rate seem sufficient to explain the main alterations in longevity observed ...».

Hieraus folgt also, dass bei höherer Temperatur und intensiverem Metabolismus mit sich daraus ergebender lebhafterer Aktivität ein grösserer Teil der verfügbaren Energie durch dissimilatorische Vorgänge verbraucht wird und für den Anwachs selbst nur ein geringerer Teil verbleibt. Eine gesteigerte Temperatur verschiebt mit anderen Worten das Verhältnis zwischen Assimilation und Dissimilation in einer für die Assimilation ungünstigen Richtung, wie McArthur u. Baillie hervorheben. Bei den Männchen tritt dies weniger markant hervor. McArthur u. Baillie stellen fest: »The contrast in size between males and females is thus greatest in cold and least in heat, yet the duration of life of the sexes are nearly equal in the cold and widely divergent in the heat.» Sie ziehen hieraus den Schluss, dass »body size as such must here be a comparatively negligible factor in determining longevity, although large size might be expected to be associated with longer life, as the data compiled by Szabo (1927) seem to indicate in general.»

Diese Schlussfolgerung McArthurs und Baillies wird jedoch durch deren Ergebnisse selbst widerlegt. Eine nähere Prüfung des Materials dieser Forscher lässt erstens erkennen, dass die publizierten Kurven mit Bestimmtheit nicht für den Durchschnitt signifikant sein können, sondern individuelle Observationen betreffen müssen, und zweitens, dass hinsichtlich der Endgrösse kein sicherer Unterschied zwischen der 18°- und der 8°-Gruppe besteht, und zwar weder bei den Weibchen noch bei den Männchen, und drittens, dass bei einem Vergleich zwischen der 28°-Gruppe und den beiden übrigen Gruppen eine positive Korrelation zwischen Endgrösse und Lebensdauer sowohl der Männchen als der Weibchen vorliegt, wenn auch dieser Unterschied bei den Männchen äusserst schwach hervortritt. Jedenfalls ist eindeutig zu sehen, dass *keine* sichere Abweichung in der Reaktion der beiden Geschlechter auf die verschiedenen Temperaturen vorhanden ist. Die Erklärung dafür, dass die Endgrösse der Männchen durch die verschiedenen Temperaturen so wenig beeinflussbar ist, hat man vielleicht gerade in dem normalerweise höheren Stoffwechsel der Männchen gegenüber den Weibchen zu erblicken, was bedeuten muss, dass eine Verschiebung des Verhältnisses zwischen Assimilation und Dissimilation zugunsten der letzteren bei den Männchen nicht in höherem Grade erfolgen kann, ohne dass die Vitalität darunter leidet. Diese Auffassung findet eine Stütze in den Sterblichkeitskurven, bei welchen die der 28°-Männchen einen viel steileren Verlauf hat als die der entsprechenden Weibchengruppe, während diese Kurven in den übrigen Temperaturgruppen eine immer grösser werdende Übereinstimmung zeigen und in den 8°-Gruppen praktisch identisch sind. Es ist also wahrscheinlich, dass der Unterschied zwischen Männchen und Weibchen in dieser Beziehung kein qualitativer, sondern nur ein quantitativer ist.

Mit dem Auftreten eines Temperaturregelungszentrums ist bei den höheren Tieren der starke Einfluss dieses Umweltfaktors auf ein Mindestmass gesenkt worden. Dafür spielt hier die Nahrungszufuhr die ohne jeden Zweifel grösste Rolle als wachstumsregelnder Faktor. Dass auch andere Faktoren von Bedeutung sind, hat ARON (1911 a und b) gezeigt, der bei Hungerversuchen an Hunden nachwies, dass trotx gleichbleibendem Körpergewicht eine Längen- und Höhenzunahme erfolgte. Ein klinischer Befund desselben Autors (1914, zit. nach KŘIŽENECKÝ u. PETROV) zeigte bei einem Säugling Längenwachstum bei gleichzeitig abnehmendem Körpergewicht. WATERS (1909, zit. nach KŘIŽENECKÝ u. PETROV) sah dasselbe bei Kälbern. PODHRATSKÝ (1923) erklärt dies, nach Versuchen an Froschlarven, folgendermassen: »Solange Reservestoffe angehäuft sind, überwiegt der morphogenetische Wachstumsantrieb, also das Wachstum in die Länge.» PODHRATSKÝ u. KOSTOMAROV (1925) konstatierten dasselbe bei jungen Karpfen. KŘIŽENECKÝ u. PETROV (1925) bestätigen nach Experimenten an Froschlarven die Auffassung PODHRATSKÝS.

Um den Einfluss der Kost auf das Wachstum und vor allem auf die Lebensdauer und damit auch auf die Grösse festzustellen, liess man die Versuchstiere längere oder kürzere Zeit absolut, relativ oder intermittent hungern. Leider machen jedoch die meisten Forscher nicht gleichzeitig Angaben über Lebensdauer und Körpergrösse. Aus den Ergebnissen lassen sich indessen folgende Schlüsse ziehen:

1. Hunger wirkt im allgemeinen lebenverlängernd, übt aber, soweit er nicht zu lange dauert, keinen oder praktisch keinen Einfluss auf die Endgrösse aus.

2. Lässt man die Versuchstiere das ganze Leben hindurch relativ hungern, so erzielen sie eine kürzere Lebensdauer, als wenn sie nur einen Teil des Lebens gehungert hätten, doch eine längere, als wenn sie stets voll ausreichende Nahrung bekommen hätten. Die erreichte Endgrösse ist dagegen geringer als dei den beiden anderen Alternativen. Wir finden also eine negative Korrelation zwischen Lebensdauer und Grösse beim Vergleich normal ernährter Tiere und solcher, die das ganze Leben hindurch gehungert haben, eine positive Korrelation beim Vergleich zwischen diesen letzteren und denen, die nur einen Teil ihres Lebens gehungert haben.

3. Diejenigen Tiere, die man intermittent hungern lässt, werden am ältesten und erreichen die bedeutendste Endgrösse.

4. Wenn die Versuchstiere zuerst normale Kost bekommen haben und man sie dann hungern lässt, ergibt sich stets eine negative Korrelation, und zwar sowohl beim Vergleich mit normal ernährten als mit ständig hungernden Tieren.

EDMONDS (1898, zit. nach MCCAY 1933), HATAI (1907/08), SLONAKER (1912): weisse Ratte, CHILD (1914): Planaria velata, OSBORNE et alii (1916), STEWART (1916): weisse Ratte, NORTHROP (1917): Drosophila, OSBORNE et alii (1917), JACKSON u. STEWART (1920), REED (1921): weisse Ratte, KOPEC (1924, 1928): Drosophila u. andere Insekten, TITCOMB et alii (1928, zit. nach MCCAY 1933): Bachforelle, SHERMAN u. CAMPBELL (1928/29, 1929/30): weisse Ratte, ALPATOV (1930): Drosophila, KOPEC u. LATYSZEWSKI (1932): Maus, INGLE (1933): Daphnia longispina und Moina macrocopa, MCCAY (1933): Bachforelle; MCCAY u. CROWELL (1934), MCCAY

et alii (1935), Whittier et alii (1935): weisse Ratte, Ingle et alii (1935), Dunham (1938): Daphnia longispina, McCay et alii (1939, 1941): weisse Ratte.

In einer Untersuchung vom Jahre 1746 zeigte Rudenschiöld, dass Pinus silvestris um so älter werden konnte, je weiter nördlich er wuchs, am ältesten auf felsigem und steinigem Boden, auf dem der Baum gleichzeitig sowohl schlanker als kürzer wurde, also eine negative Korrelation zwischen Alter und Endgrösse. Seine Beobachtungen stehen somit in gewissem Widerspruch zu Bergmanns Regel, während sie dagegen mit einem Teil der Erfahrungen aus Kostversuchen an Tieren im Einklang stehen.

Aus der obigen Übersicht geht somit hervor, dass die Ergebnisse grossenteils von der Versuchsmethodik und nicht von dem Versuchstier abhängig sind. Dies deutet an, dass der lebendige Organismus auf äussere Einflüsse in ganz bestimmter Weise reagiert, unabhängig von der Eigenart des Organismus, so dass wir es demnach mit einem gesetzmässigen Verhältnis zwischen Lebensdauer und Endgrösse zu tun hätten.

Da trotz allem die Kost ein Faktor ist, deren Wirkung sich schlecht beurteilen lässt, vor allem weil nicht nur die Nahrungsmenge, sondern in mindestens gleich hohem Grade die Qualität der Nahrung von Bedeutung ist, lassen sich die Ergebnisse der Kostversuche schwer beurteilen und erlauben keine sichere Analyse. »To understand the enviromental situation is to be able to control it», schreibt Hogben (1939).

Dazu addiert sich ein anderer Faktor, auf den nur wenige Untersucher Rücksicht genommen haben, nämlich die Erbanlage. Da, wie Kříženecký u. Cetl (1924) hervorheben, die Körpergrösse ein Art- und Rassenmerkmal ist, das konstant vererbt wird, muss bei Untersuchungen über die relative Bedeutung von Vererbung bzw. Umwelt unbedingt darauf geachtet werden, dass man nur mit einem genetisch einheitlichen Material arbeitet. Hogben (1939) betont: »Clearly we are on safe ground when we speak of ... a difference due to enviroment when identical stocks are measured under different conditions of development». Ich brauche in diesem Zusammenhang nur auf die allbekannte Tatsache hinzuweisen, welch grosse Rolle die Zwillingforschung für Vererbungs- und Milieuforschung besitzt.

Um den modifizierenden Einfluss des Milieus auf Wachstum, Lebensdauer und Endgrösse zu untersuchen, bedarf es also eines genetisch einheitlichen Materials. Dieser Forderung entspricht das in der vorliegenden Arbeit verwendete Versuchstier, *Daphnia magna* (siehe unten).

Ferner muss das Versuchstier einem Milieu ausgesetzt werden, das sich einerseits leicht kontrollieren lässt und andererseits eine starke Veränderung des Wachstums und der damit zusammenhängenden Erscheinungen ergibt, und das ausserdem bei im übrigen gleichbleibenden Lebensbedingungen stets denselben Effekt hat. Edlén (1939) fand ein solches Milieu, indem er zeigte, dass die im Dunkeln gezüchtete Daphnia magna kürzere Zeit lebt und grösser wird als im Hellen gezüchtete Kontrolltiere.

Über die Bedeutung des Lichtes für das Wachstum liegen verschiedene Beobachtungen und Versuche vor, die, was Pflanzen betrifft, im allgemeinen ein eindeutiges Ergebnis erbracht haben. So schreibt Vogt (1915): »Wenn man von der Etio-

lierung absieht, so gilt, *dass durch Beleuchtung das Wachstum gehemmt wird.*» Beobachtungen an Tieren sind dagegen wesentlich spärlicher und die Ergebnisse widersprechen einander im allgemeinen, so dass sich keine bestimmten Schlussfolgerungen ziehen lassen. Schulz (1928) hat indessen in Untersuchungen an Daphniden gezeigt, dass *Lichtabschluss das Wachstum fördert*».

Edlén (1939) berichtet ausführlicher über Untersuchungen und Ergebnisse bei Experimenten mit Licht und Dunkel, auf die ich hier verweise.

In der vorliegenden Arbeit sind Licht und Dunkel in ganz bestimmter Weise (siehe unten) verändert worden.

Material.

Bei diesen Untersuchungen ist die Crustacee *Daphnia magna Strauss* (D.M.) als Versuchstier verwendet worden.

Woltereck (1937) erklärt: »... vor allem ist das Verhältnis zwischen Milieufaktoren und Elementareigenschaften (Erbfaktoren) experimentell zu klären, das in den Hypothesen der älteren Vererbungsforschung eine so unglückliche Rolle gespielt hat. — Aus mehreren methodischen Gründen bilden die Crustaceen ein ausgezeichnetes Material für solche Untersuchungen:

sie haben infolge ihrer Chitinpanzerung *fixierte Formen*, die sich gut analysieren lassen;

diese Formen zeigen bei vielen Arten weitgehende *Variabilität;* die Körperformen und ihre Varianten stehen ferner bei einigen Krebsen in deutlicher Beziehung zu den *Faktoren der Umwelt*, indem sie auf deren Veränderungen *gesetzmässig* reagieren;

die experimentelle Prüfung wird bei einigen Arten durch schnelle Generationsfolge und bequeme Kultivierbarkeit erleichtert.»

Hierzu kommt noch ein weiterer Faktor, der die Grundlage der ganzen vorliegenden Untersuchung darstellt, nämlich der sämtlichen Versuchstieren gemeinsame *Genotypus*. v. Herwerden (1918, 1920/21, 1923 und 1927) schreibt: »... haben diese Daphnienkolonien sich als ein vortreffliches Material für vergleichend-physiologische Untersuchungen bewährt; besonders deswegen weil immer Geschwister aus derselben Brut während des ganzen Jahres zur Verfügung stehen. Weil jede heterogene Mischung während der vieljährigen parthenogenetischen Fortpflanzung im Laboratorium vollkommen ausgeschlossen ist, darf man theoretisch erwarten, dass es sich hier in jeder Brut um genotypisch identische Schwestern handelt.»

Wir hätten es hier also mit den 'reinen Linien' Johannsens (1903) zu tun. Bezüglich der reinen Linien schreibt Root (1918): »The term 'pure line' was originally applied to groups of individuals, derived by selffertilization from a common homozygeous ancestor. Such lines within a single species proved to be relatively constant diverse strains. That such relatively constant strains do occur in a great variety of plant and animal species, is an observed fact, and has been confirmed by every investigator who has entered this field. The further idea, that within one of these 'pure lines' no variation in genetic constitution is possible, except by sudden muta-

tion, large or small, is not direct observation, but hypothesis. It is an hypothesis, to be sure, which was based on all the experimental evidences available at the time it was formulated, but it is still an hypothesis, subject to revision at any time when new experimental results demand it ... For some years the great majority of the experimental results tended to confirm this hypothesis, and gained such a firm footing that all the contradictory thesis were dismissed as abberant types, results of a failure to properly control the environment, observational errors, etc. But of late the tide seems to be turning somewhat. Stout (1915) in Coleus, Stocking (1915) in Paramecium, Middleton (1915) in Stylonychia, and Jennings (1916) in Difflugia, have all shown that minute heritable variations do occur within clones derived from a single ancestor by vegetative multiplication. In the present work on Centropyxis, the same conclusion is reached ... We must admit, it seems to me, that in this plants and protozoans reproducing asexually, small variations in genetic constitution do continually occur».

Banta u. Wood (1928) haben Cladoceren auf das Vorkommen von Mutationen untersucht. Sie finden, dass dominante Mutationen selten sind. So trat beispielsweise »the excavated head character» erst in der 249. Generation eines Laboratoriumsstammes von Daphnia longispina auf, d. h. nach etwa 3jähriger parthenogenetischer Fortpflanzung. Sie erklären: »In parthenogenetic reproduction all the members of a clone are remarkably alike in physiological characteristics. They show considerable uniformity in (1) age at which their first young are produced (2) number of young in their first clutches and (3) intervals between successive clutches. Such is not the case with the different individuals sexually produced by inbreeding or cross-breeding the different clones.» Auf Grund ihrer Kreuzungsversuche ziehen sie ferner die Schlussfolgerung, »that during parthenogenesis recessive mutations of physiological import had occurred and occurred in greater numbers in the stock having a longer parthenogenetic history. Naturally these mutations show their effects only in sexual offspring obtained from these clones.»

Da, wie unten gesagt wird, die bei diesen Versuchen verwendeten D.M. sich ausschliesslich parthenogenetisch fortpflanzen konnten, können etwaige rezessive Mutationen hier keinerlei Rolle spielen. Dagegen könnten möglicherweise dominante Mutationen einwirken. Da diese indessen, wie Banta u. Wood darlegen, selten sind und, wenn sie vorkommen, deutliche physiologische Veränderungen in der Linie, in welcher sie auftreten, hervorrufen, verglichen mit den Linien, in denen die betreffende Mutation nicht aufgetreten ist, während die einzelnen zu der mutierenden Linie gehörenden Individuen untereinander grosse Ähnlichkeit zeigen, ist evtl. auftretenden dominanten Mutationen keine Bedeutung beigemessen worden. Die zwischen den einzelnen Versuchsgruppen festgestellten Unterschiede sind also voll und ganz auf die experimentellen Bedingungen zurückgeführt worden, vor allem weil diese experimentell hervorgerufenen Veränderungen niemals spontan auftraten und sich ausserdem stets reproduzieren liessen.

Die bei dieser Untersuchung verwendeten D.M. wurden im Jahre 1936 vom Limnologischen Institut der Universität Lund erhalten. Es wurde ein einziges

Weibchen ausgewählt, das dann durch parthenogenetische Fortpflanzung die Stammkultur lieferte, der die Versuchstiere entnommen sind. Durch reichliche Nahrungszufuhr kann man eine ununterbrochene parthenogenetische Fortpflanzung erzielen, wie u. a. v. Scharfenberg(1910), Agar (1913/14) und Banta (1914) gezeigt haben. Unter ungünstigen äusseren Verhältnissen erfolgt ein Übergang zur Gamogenese, worauf Agar (1913/14) Berg (1934), u. a. hingewiesen haben.

Betreffs der allgemeinen Entwicklung von D.M. sei folgendes erwähnt:

Nach dem Sichtbarwerden der Eierstöcke vergehen durchschnittlich 2 Tage bis zum Auftreten der Eier in der Eikammer. Hier bleiben sie während ihrer weiteren Entwicklung, bis die fertigen Jungen am 3.—5. Tage ausschlüpfen und sofort anfangen, Nahrung aufzunehmen und frei umherzuschwimmen. Dabei wachsen die Tierchen schnell unter wiederholtem Schalenwechsel, etwa einem pro Tag, bis nach durchschnittlich 4—5 Tagen erstmalig Eierstöcke sichtbar werden. Etwa 2 Tage später treten die Eier in der Eikammer auf, und der erste Wurf wird dann nach 3—5 Tagen geboren, d. h. 10—14 Tage nach der Geburt des Muttertieres. Im Zusammenhang damit erfolgt der nächste Schalenwechsel, worauf die neuen Eier binnen kurzem in der Eikammer auftreten. Auf diese Weise lebt D.M. unter fortwährendem Schalenwechsel und ständiger Jungenproduktion bis zum Lebensende. Je älter das Tier wird, um so längere Zeit vergeht im allgemeinen zwischen dem Abwerfen der Panzerung. Die Eier sind durchschnittlich 0,30 mm gross. Das Junge hat bei der Geburt eine Grösse von 0,70—0,80 mm. Endgrösse und Lebensdauer sind ausserordentlich variabel und richten sich hochgradig nach dem Milieu, in welchem die Tiere leben. Unter natürlichen Verhältnissen beträgt die Endgrösse 5—6 mm und die Lebensdauer 40—130 Tage. Normalerweise leben sie im Halbdunkel, entweder in einer Lehmsuspension oder einer Humussole (Korschelt u. Heider 1893, 1902, Wesenberg-Lund, 1904, 1926, Langhans 1909, v. Scharfenberg 1910, Banta 1914, Wohlgemuth 1914, Smith 1915, Wagler 1923, Rammner 1929, Andersson 1930/31, 1932, Berg 1931, 1936, Edlén 1937, 1938 und 1939). Der Schalenwechsel ist jedoch nicht immer mit Anwachs und Brutproduktion verbunden (Rammner 1929, Fage 1935, Edlén 1938).

Betreffs der Morphologie von D.M. und der damit zusammenhängenden Probleme verweise ich auf Wagler (1926/27).

Im deutschen und angelsächsischen Schrifttum wird gewöhnlich die Anzahl der Häutungen als Mass für das Alter von D.M. verwendet. Zwar wird das Alter meist in Tagen angegeben, da aber die Zeit, die von einem Schalenwechsel zum andern vergeht, variiert, ist dieses Verfahren weniger brauchbar, wenn es sich um Wachstumsanalysen handelt, weshalb ich bei diesen Untersuchungen nicht damit arbeite. Die Anzahl der Häutungen geht jedoch direkt aus den Wachstumskurven und Versuchsprotokollen hervor, da jede Längenzunahme nur beim Schalenwechsel erfolgt und jedesmal besonders im Protokoll vermerkt ist, wenn ein Schalenwechsel nicht von Längenzunahme begleitet war.

D.M. erleidet im Leben manches Missgeschick, so z. B. missglückten Schalenwechsel. Diese Vorkomnisse haben oft deletäre Wirkung, namentlich bei Verlust des

Auges. Nicht selten wird D.M. von Pilzen angegriffen, gewöhnlich von einer Saprolengiacee, die das Tier binnen sehr kurzer Zeit, oft innerhalb von 2 Tagen, tötet (Wagler 1926/27, Heberer 1928, Rühberg 1933, Schmidt-Ries 1935, Jirovec 1936, Rammner 1940). Diese Pilzinfektion tritt sporadisch auf, und wenn eine Population erst einmal davon befallen ist, vermutlich durch die Nahrung, so ist sie sehr schwer auszurotten.

Methodik.

A. Allgemeines.

Die normale Nahrung von D.M. sind einzellige Grünalgen, beispielsweise *Nannochlorus coccoides*. Für die Züchtung von D.M. muss man sich also eine Algenrohkultur beschaffen und diese mit Hilfe geeigneter Methoden am Leben erhalten. Solche Methoden sind in grosser Zahl angegeben (Banta 1921, Naumann 1922, 1925, 1936, Treillard 1924, 1925, 1926, Merker 1925, Wagler 1925, Lévy a und b, Woltereck 1928, Pacaud 1933 a und b, Bond 1934, Chipman 1934, 1935, Passowicz 1935, Tressler u. Thelma 1937).

Bei diesen Versuchen ist die von Naumann angegebene Methode zur Anwendung gelangt:

Die Rohkultur von Algen, die in diesem Falle aus *Nannochlorus coccoides* bestand, wird mit einer passenden Menge von gewöhnlichem Heringsmehl versetzt, gewöhnlich mit etwa 0,5 % des Volumens der Algenkultur. Die verbrauchten Mengen Algenkultur werden laufend durch Leitungswasser und fortgesetzte Gaben von Heringsmehl ersetzt. Die Zufuhr an Heringsmehl richtet sich danach, wie stark und wie schnell die Algenkultur verbraucht wird, d. h. nach dem Grade der Verdünnung. Auf diese Weise ist es möglich, die Algenkultur unbegrenzte Zeit in Gang zu halten. Doch muss man, wenn sich das Aquarium allmählich mit anderen Algenverunreiniungen überzieht, diese dann und wann beseitigen. Bei der eigentlichen Kultur von D.M. wird nun die Rohkultur mit Leitungswasser so verdünnt, dass die Suspension eine hellgrüne Färbung hat. Bei zu stark grüner Farbe ist der Wert der Algenkultur als Nahrung sehr problematisch, wie Woltereck (1937) hervorhebt, »weil derart intensives Algenwachstum auf irgendeiner Veränderung des Wassers zu beruhen oder sie zu bewirken pflegt, die den pelagischen Daphnien nicht zuträglich ist».

Bei den Versuchen ist folgende Apparatur zur Anwendung gelangt:

1. Universal-Kamera-Mikroskop »MeF» (Fabrik Reichert).
2. Schublehre für Messungen mit einer Genauigkeit bis zu 0,01 mm.
3. Objektkammer zur Aufbewahrung der Daphnia während des Messens.
4. Aus zwei Teilen bestehende Glasspritze: a) Spritze von 10—20 ccm, b) Kugelpipette, 4—5 cm ober- und unterhalb der Kugel abgeschnitten, mittels Ventilgummi an die Spritze angeschlossen.
5. Glasröhre mit ausgezogener Spitze.
6. Eine Anzahl Glasbecher von 100 ccm Rauminhalt.

7. Ein gradiertes Messglas, 1 l.
8. Heber.
9. Lichtdichte Kästen.

Die Algenrohkultur wird im Messglas bis zu passender Stärke verdünnt, worauf genau 50 ccm dieses »Grünwassers» (NAUMANN 1936) mit dem Heber in die Glasbecher gebracht werden. Aus der D.M.-Stammkultur (siehe oben) werden nun mit der Spritze eine Anzahl nicht geschlechtsreifer D.M.-Weibchen aufgesaugt und dann auf die Becher verteilt, so dass jeder Becher ein Weibchen beherbergt. Alle diese Weibchen stammen letzten Endes von ein und demselben Muttertier (siehe oben). Die für die Dunkelversuche bestimmten Tiere werden in den lichtdichten Kästen untergebracht. Diese Muttertiere werden nicht gemessen, sondern täglich unter dem Mikroskop betrachtet. Dadurch lässt sich der Zeitpunkt für das Hervortreten der Eierstöcke und das Auftreten der Eier in der Eikammer mit grösster Genauigkeit feststellen. Die Eier werden dann bis zum Schlüpfen der Jungen von Tag zu Tag gemessen. Nachdem die neu ausgebrüteten Daphnien gemessen sind, werden sie einzeln in Bechern aufbewahrt, wo ihre Entwicklung und ihr Längenwachstum täglich bis zu ihren Lebensende verfolgt werden. Auf diese Weise habe ich etwa 300 D.M. auf den Verlauf ihres Wachstums hin untersucht. Von Zeit zu Zeit wird »Grünwasser» zugeführt, so dass die Ernährungsverhältnisse die ganze Zeit als optimal gelten können, wie durch die Tatsache bewiesen wird, dass ausschliesslich parthenogenetische Fortpflanzung beobachtet worden ist. Beim Schalenwechsel, nachdem die eigenen Jungen der Versuchstiere geschlüpft sind, werden die Becher erneut mit frischem »Grünwasser» beschickt.

Während des ganzen Versuchs werden laufend Aufzeichnungen gemacht über Eierlegen, Würfe, Anzahl der Jungen im Wurf, Schalenwechsel, Wachstumsstillstand, Senilitätserscheinungen, sowie eventuelle Abnormitäten und Krankheiten, die tödlich gewesen sein können. Die von den Versuchstieren ausgebrüteten neuen Würfe, die nicht bei der Untersuchung zur Verwendung kommen, werden in das Sammelaquarium gebracht, um Verwechslungen und ausserdem eine etwaige Beeinflussung der Versuche zu vermeiden. Wegen einer gewissen Beimischung anderer Algenarten (siehe oben) und ihres Wachstums an der Becherwand werden die Becher zuweilen gereinigt und dann wieder mit »Grünwasser» beschickt.

Das Messen selbst erfolgt so: Die D.M. wird mit der Spritze aus dem Becher genommen und in die Objektkammer gebracht. Mit der spitz ausgezogenen Glasröhre saugt man so viel Wasser ab, dass das Tierchen nur von einer dünnen Schicht bedeckt ist. Die Objektkammer wird dann unter das Mikroskop gebracht und das auf der Mattscheibe sichtbarwerdende vergrösserte Bild mit einer Genauigkeit von 0,1 mm mit der Schublehre gemessen. Infolge der Begrenzung der Mattscheibe ist es nötig, mit zwei verschiedenen Vergrösserungen zu arbeiten. Bis 1,6 mm Länge (absolutes Mass) arbeite ich mit 50facher Vergrösserung, bei grösseren Längen mit 20facher.

Um die ganze Zeit ein vergleichbares Mass zu erhalten, werden die Tiere von dem am meisten vorstehenden Punkte vor dem Auge (»Carina») bis zu dem Punkte, wo

der Schwanz aus dem Rückenschild austritt, gemessen, ein Verfahren, das Wolterеck (1937) angegeben hat (siehe Abb. 1).

Die Schwierigkeiten, die sich im Laufe der Versuche herausstellten, betrafen vor allem das Messen selbst. Hat man nämlich nicht genügend Wasser aus der Objektkammer abgesaugt, so liegt die D.M. nicht still, sondern dreht sich dauernd, was das Messen erschwert oder unmöglich macht. Durch Absaugen von etwas mehr Wasser lässt sich dem jedoch leicht abhelfen. Niemals war bei dem Messen Narkose erforderlich.

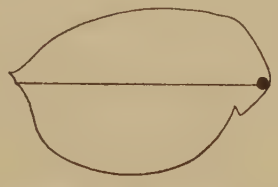

Abb. 1. Schematisches Bild von Daphnia, mit Angabe der Punkte, zwischen denen gemessen worden ist.

Untersucht man die Genauigkeit der Methodik hinsichtlich der Messergebnisse, so findet man folgendes:

I. Das Messen der Tiere vor der Ausbrütung bietet keine Schwierigkeiten, solange die Zahl der Jungen 3—4 beträgt. Bei einer grösseren Anzahl treten indessen erhebliche Schwierigkeiten auf, und die erhaltenen Werte sind in der zweiten Dezimalstelle als nicht sicher anzusehen. Ich habe auch bei den mathematisch-biologischen Analysen diesen Messergebnissen keine grösseren Wert zuerkannt. Die Variation erreicht jedoch keinen höheren Grad, da in einem und demselben Wurf das Wachstum im allgemeinen ziemlich gleichmässig stark ist. Da bei den ersten Messungen nach dem Schlüpfen im allgemeinen eine gewisse Differenz zwischen den verschiedenen Tieren desselben Wurfes besteht, ebenso wie auch vor dem Schlüpfen, habe ich dem Tiere, das bei der Messung kleiner bzw. grösser befunden wurde, die früheren niedrigeren bzw. höheren Werte zuerteilt. Gegen dieses Verfahren lassen sich sicherlich Einwände erheben; da jedoch keine Möglichkeit besteht, die verschiedenen Jungen vor und nach dem Schlüpfen zu unterscheiden (bevor sie in die Einzelbecher gebracht worden sind), glaubte ich die besagte Methode anwenden zu dürfen. Für das Aussehen der Kurve selbst ist das Verfahren ohne Bedeutung. Möglicherweise kann es auf die mathematische Bearbeitung von Einfluss sein, bei der jedoch dieser eventuelle Fehler vernachlässigt werden wird.

II. Da bei den Messungen die üblichen Prinzipien beobachtet wuden und die zur Anwendung gelangte Schublehre für Schätzung bis auf 0,01 mm gradiert war, jedoch stets auf das nächst höhere bzw. tiefere Zehntelmillimeter erhöht bzw. erniedrigt wurde, kann eine 50fache Vergrösserung einen Messfehler von $\pm$ 0,2 mm gestatten, ohne dass man eine Veränderung des absoluten Masses erhält. Bei der 20fachen Vergrösserung tritt ein Messfehler von $\pm$ 0,1 mm in dem absoluten Mass

in Erscheinung als eine Erhöhung bzw. Senkung des Wertes mit 0,01 mm. Wenn man nun untersucht, wie es sich damit verhält, findet man folgendes:

Bei 20 Messungen an einer und derselben D.M. bei 50facher Vergrösserung war σ: $\pm$ 0,00264 $\pm$ 0,0004, die Fehlerquelle somit $\pm$ 0,008 mm oder höchstens $\pm$ 0,01 mm. Bei 20 Messungen an einem und demselben Tierchen bei 20facher Vergrösserung war σ: $\pm$ 0,00693 $\pm$ 0,0011, die Fehlerquelle somit höchstens $\pm$ 0,02 mm. Es zeigt sich also, dass die Genauigkeit der Messmethodik sehr gut ist, und dass nur bei 20facher Vergrösserung der Messfehler eine Rolle spielen kann. Und auch hier nicht einmal immer, sondern nur dann, wenn die Wachstumsgeschwindigkeit so abgenommen hat, dass die Differenz zwischen zwei aufeinander folgenden Messungen gleich oder weniger als 0,02 mm ist. Beträgt also bei 20facher Vergrösserung die Differenz zwischen zwei Messungen 0,02 mm, so zeigt dies, dass das Wachstum zum Stillstand gekommen oder sehr unbeträchtlich ist.

B. Spezielles.

Die Versuche wurden nach folgenden Richtlinien durchgeführt:

A. Eine Gruppe blieb die ganze Versuchszeit im Licht; *Lichtkontrollen* (zur Nomenklatur vgl. unten).

B. Eine Gruppe war die ganze Versuchszeit im Dunkel; *Dunkelkontrollen.*

C. Mehrere Gruppen wurden verschieden lange Zeit, längstens jedoch bis zum Eintritt der Pubertät, im Dunkel gehalten und kamen dann ins Licht.

D. Mehrere Gruppen lebten verschieden lange Zeit im Licht, längstens jedoch bis zum Eintritt der Pubertät, und wurden dann ins Dunkel gebracht.

E. Mehrere Gruppen lebten zuerst bis zur Geburt im Licht, dann verschieden lange Zeit, längstens jedoch bis zum Alter von 23 Tagen, im Dunkel und für den Rest des Lebens dann wieder im Licht.

F. Mehrere Gruppen lebten bis zur Geburt im Dunkel, dann verschieden lange Zeit, doch längstens bis zum Alter von 23 Tagen, im Licht und dann wieder zum Ende des Lebens im Dunkel.

Einzelheiten sind den Versuchsprotokollen$_3$ zu entnehmen, im übrigen siehe die Haupttabellen I—VI, S. 93—101.

Die Versuchstiere lebten die ganze Zeit in Zimmertemperatur, ohne dass besondere Massnahmen ergriffen wurden, diese konstant zu halten. Da sämtliche Versuchstiere den etwaigen Temperaturschwankungen ausgesetzt gewesen sind, habe ich trotz der Einwirkung, welche die Temperatur unter gewissen Bedingungen hat, bei der Bewerunt der Versuchsergebnisse diesen Faktor vernachlässigt.

C. Nomenklatur.

Da es sich bei der weiteren Bearbeitung als praktisch erwies, die in den Versuchsprotokollen gebrauchten Bezeichnungen (links) abzuändern, führe ich hier die neuen Bezeichnungen an (rechts):

$K = L_k$, Kontrolltiere, die ihr ganzes Leben im Licht gelebt haben.

$M = M_k$, Kontrolltiere, die ihr ganzes Leben im Dunkel gelebt haben.[1]

$L_V = L_{4g}M$, L_5M ... $L_{17p}M$, Versuchstiere, die bis zu dem mittels des Index des L angegebenen Tage im Licht gelebt haben und dann ins Dunkel überführt wurden. Hierbei bedeutet g Geburt und p erster Wurf oder Pubertät, so dass $L_{4g}M$ dann bedeutet, dass das Tier bis zum 4. Tage einschliesslich im Licht gehalten wurde, nun am 4. Tage geboren und dann im Dunkel gehalten wurde; L_5M bedeutet, dass das Tier bis zum 5. Tage einschliesslich im Licht gelebt hat, von dann ab im Dunkel.

$M_V = M_{4g}L$, M_5L ... $M_{14p}L$, Versuchstiere, die bis zu dem mittels des Index des M angegebenen Tage im Dunkel gelebt haben und dann ins Licht überführt wurden. M_7L bedeutet dann, dass das Tier bis zum 7. Tage einschliesslich im Dunkel und dann im Licht gelebt hat, g und p bedeuten auch hier Geburt und Pubertät.

$L_M = L_{3g}M_5L$, $L_{3g}M_8L$ ... $L_{3g}M_{23}L$, Versuchstiere, die bis zu dem mittels des Index des ersten L angegebenen Tage im Licht gelebt haben, dann bis zu dem mittels des Index des M angegebenen Tage im Dunkel lebten und dann wieder ins Licht kamen. $L_{3g}M_8L$ bedeutet dann, dass das Tier bis zum 3. Tage einschliesslich im Licht gelebt hat und an diesem 3. Tage geboren wurde, dann bis zum 8. Tage einschliesslich im Dunkel und dann wieder im Licht lebte.

$M_L = M_{3g}L_5M$, $M_{3g}L_8M$ ... $M_{3g}L_{23}M$, Versuchstiere, die bis zu dem mittels des Index des ersten M angegebenen Tage im Dunkel gelebt haben, dann bis zu dem mittels des Index des L angegebenen Tage im Licht gehalten wurden und dann wieder ins Dunkel überführt wurden. $M_{3g}L_8M$ bedeutet dann, dass das Tier bis zum 3. Tage einschliesslich im Dunkel gelebt hat und an diesem 3. Tage geboren ist, dann bis zum 8. Tage einschliesslich im Licht und dann wieder im Dunkel gelebt hat.

---

[1] Der Kennbuchstabe M erklärt sich durch das schwedische Wort für »Dunkel», und da dieser Buchstabe in allen Protokollen, Tabellen usw. verwendet worden war, habe ich ihn beibehalten müssen.

Statistische Bearbeitung des Materials und Analyse der Ergebnisse.

Die Primärergebnisse[1] sind in den Haupttabellen I—VI, S. 93—101, verzeichnet. Dort sind auch die Todesursachen nach folgender Aufstellung angegeben:

0 = unbekannte Todesursache,
1 = missglückter Schalenwechsel,
2 = Schwierigkeiten beim Schalenwechsel,
3 = Pilzinfektion,
4 = Luftblase in der Eikammer (Erstickung),
5 = Trauma beim Messen,
6 = andere, nicht angegebene Krankheit,
7 = beim Eintritt des Todes sind bei dem Versuchstier Eierstöcke beobachtet worden.

Da es sich bei der vorliegenden Untersuchung vor allem darum handelte, Klarheit über die physiologische Lebensdauer zu gewinnen, sind bei der statistischen Bearbeitung und der Besprechung der Ergebnisse nur die Versuchstiere berücksichtigt worden, bei denen die Todesursache unbekannt war. In einigen Fällen sind auch Tiere mit einbezogen worden, bei denen die Todesursache missglückter oder erschwerter Schalenwechsel war, nämlich wenn diese Umstände als Senilitätserscheinungen anzusprechen waren. Auch einige Tiere der Gruppe 0 sind andererseits ausgeschlossen worden, nämlich solche, bei denen die Resultate klar einen vorzeitigen Tod ergaben. Die betreffenden Fälle erscheinen in den Tabellen geklammert. In den Haupttabellen I—VI sind neben den oben angegebenen Prinzipien berechneten statistischen Mittelwerten auch die Resultate vorgelegt worden, die bei Einbeziehung des Gesamtmaterials errechnet werden. Dass bestimmte Gründe für das hier angegebene Verfahren vorliegen, erhellt aus den bei der mathematisch-biologischen Analyse gewonnenen Ergebnissen (siehe unten S. 54) sowie aus den Berechnungen der Sterblichkeitsfrequenz (siehe unten S. 76).

Das Versuchsmaterial umfasst 6 Hauptgruppen, die sich wie folgt zusammensetzen:

Gruppe I: L_k, Lichtkontrollen, zus. 59 Tiere, die ständig im Licht gelebt haben.
Gruppe II: M_k, Dunkelkontrollen, zus. 43 Tiere, die ständig im Dunkel gelebt haben.

---

[1] Das Primärmaterial ist in Abschriften beim Anatomischen Institut der Universität Lund, bei den Universitätsbibliotheken Lund und Uppsala sowie der Bibliothek des Karolinischen Instituts in Stockholm hinterlegt.

Gruppe III: *LM*, Versuchstiere, die zuerst bis zu einem gewissen Zeitpunkt im Licht und dann im Dunkel gelebt haben, zus. 61 Tiere. Diese Gruppe ist in 6 Unterabteilungen gegliedert worden:

1) $L_{5g}M$, zus. 15 Tiere, die bis zur Geburt am 5. Tage im Licht und dann im Dunkel gelebt haben.
2) L_6M, zus. 6 Tiere, bis zum 6. Tag im Licht, dann im Dunkel.
3) L_7M, zus. 4 Tiere, bis zum 7. Tag im Licht, dann im Dunkel.
4) L_8M, zus. 5 Tiere, bis zum 8. Tag im Licht, dann im Dunkel.
5) $L_{32}M$, $L_{40}M$, $L_{46}M$, $L_{51}M$, bis zum 32., 40., 46. und 51. im Licht und dann im Dunkel.
6) $L_{17p}M$, zus. 27 Tiere, bis zur Pubertät am 17. Tag im Licht und dann im Dunkel.

Gruppe IV: *ML*, zus. 68 Tiere, die zuerst bis zu einem gewissen Zeitpunkt im Dunkel und dann im Licht gelebt haben. Die Gruppe gliedert sich in 8 Unterabteilungen:

1) $M_{4g}L$, zus. 17 Tiere, bis zur Geburt am 4. Tage im Dunkel, dann im Licht.
2) M_5L, zus. 5 Tiere, die bis zum 5. Tage im Dunkel und dann im Licht gelebt haben.
3) M_6L, zus. 5 Tiere, bis zum 6. Tag im Dunkel, dann im Licht.
4) M_7L, zus. 5 Tiere, bis zum 7. Tag im Dunkel, dann im Licht.
5) M_8L, zus. 5 Tiere, bis zum 8. Tag im Dunkel, dann im Licht.
6) M_9L, zus. 4 Tiere, bis zum 9. Tag im Dunkel, dann im Licht.
7) $M_{10}L$, zus. 4 Tiere, bis zum 10. Tag im Dunkel, dann im Licht.
8) $M_{14p}L$, zus. 23 Tiere, bis zur Pubertät am 14. Tag im Dunkel, dann im Licht.

Gruppe V: *LML*, zus. 41 Tiere, die zuerst bis der Geburt im Licht, dann verschieden lange Zeit im Dunkel und schliesslich wieder im Licht gelebt haben. Diese Gruppe umfasst 5 Unterabteilungen:

1) $L_{3g}M_5L$, zus. 10 Tiere, bis zur Geburt am 3. Tag im Licht, dann bis zum 5. Tag im Dunkel, dann weiterhin im Licht.
2) $L_{3g}M_8L$, zus. 9 Tiere, bis zur Geburt am 3. Tag im Licht, dann bis zum 8. Tag im Dunkel, dann wieder im Licht.
3) $L_{3g}M_{13}L$, zus. 10 Tiere, bis zur Geburt am 3. Tag im Licht, dann bis zum 13. Tag im Dunkel, dann wieder im Licht.
4) $L_{3g}M_{18}L$, zus. 7 Tiere, bis zur Geburt am 3. Tag im Licht, dann bis zum 18. Tag im Dunkel, dann wieder im Licht.
5) $L_{3g}M_{23}L$, zus. 5 Tiere, bis zur Geburt am 3. Tag im Licht, dann bis zum 23. Tag im Dunkel, dann wieder im Licht.

Gruppe VI: *MLM*, zus. 26 Tiere, die zuerst bis zur Geburt im Dunkel, dann verschieden lange Zeit im Licht und schliesslich wieder im Dunkel gelebt haben. Diese Gruppe umfasst 5 Unterabteilungen:

1) $M_{3g}L_5M$, zus. 4 Tiere, bis zur Geburt am 3. Tag im Dunkel, dann bis zum 5. Tag im Licht, dann wieder im Dunkel.
2) $M_{3g}L_8M$, zus. 6 Tiere, bis zur Geburt am 3. Tag im Dunkel, dann bis zum 8. Tag im Licht, dann wieder im Dunkel.
3) $M_{3g}L_{13}M$, zus. 6 Tiere, bis zur Geburt am 3. Tag im Dunkel, dann bis zum 13. Tag im Licht, dann wieder im Dunkel.

TABELLE 1.

	Alter	Endgrösse	Gesamtzahl d. Jungen	Jungen pro Wurf.	Anzahl Würfe
L_k	73,8±1,5	4,59±0,03	472±18	32,2±0,8	14,9±0,5
V	11,8±1,5	3,1±0,4	21,4±2,7	14,2±1,8	20,2±2,5
M_k	62,0±2,9	5,35±0,06	674±26	52,6±1,8	13,0±0,6
V	18,6±3,3	4,7±0,8	15,4±2,7	13,3±2,4	18,3±3,3
LM	79,4±2,3	5,22±0,03	676±20	41,4±0,9	16,5±0,5
V	20,6±2,0	3,6±0,4	21,7±2,1	15,3±1,5	22,8±2,3
ML	64,7±1,4	4,75±0,03	494±18	41,0±0,9	12,0±0,3
V	14,5±1,6	4,2±0,5	24,0±2,6	13,7±1,5	16,8±1,8
LML	89,7±3,1	4,97±0,05	749±27	41,8±1,7	18,4±0,5
V	18,3±2,4	5,2±0,7	19,5±2,6	21,0±2,8	15,2±2,0
MLM	80,7±2,4	5,44±0,04	995±30	51,5±1,4	19,4±0,6
V	14,0±2,1	3,9±0,6	14,3±2,1	12,5±1,8	14,5±2,1

4) $M_{3g}L_{18}M$, zus. 5 Tiere, bis zur Geburt am 3. Tag im Dunkel, dann bis zum 18. Tag im Licht und dann wieder im Dunkel.

5) $M_{3g}L_{23}M$, zus. 5 Tiere, bis zur Geburt am 3. Tag im Dunkel, dann bis zum 23. Tag im Licht und dann wieder im Dunkel.

Für alle diese Gruppen und Untergruppen sind statistische Berechnungen betr. Lebensdauer, Endgrösse, Gesamtzahl der Jungen, Wurfgrösse und Anzahl der Würfe ausgeführt worden, doch wurden bei einigen Versuchsgruppen die Unterabteilungen zusammengefasst. So sind bei den *LM*-Tieren die 4 ersten Gruppen und Gruppe 6 zu einer gemeinsamen Gruppe, *LM*, zusammengefasst worden, da die Resultate keine grösseren Unterschiede untereinander aufwiesen. Gruppe 5 wurde hier ganz ausgeschlossen, und zwar wegen der speziellen Verhältnisse, die in dieser Gruppe vorlagen. Bei der weiteren Analyse ist aus weiter unten angegebenen Gründen die Gruppe wieder aufgeteilt worden, und zwar liess ich die ersten vier Unterabteilungen eine gemeinsame Gruppe, $L_{5g}M$—L_8M, bilden, während Unterabteilung 6 eine Gruppe $L_{17p}M$ bildete. In gleicher Weise und aus denselben Gründen habe ich die Gruppe *ML* anfangs gemeinsam behandelt und bei der weiteren Analyse in zwei Gruppen aufgeteilt, und zwar $M_{4g}L$—$M_{10}L$ und $M_{14p}L$, trotzdem hier zwischen diesen beiden Gruppen deutliche Unterschiede vorliegen. Bei der statistischen Berechnung der Ergebnisse in den einzelnen Unterabteilungen der Gruppen *LML* und *MLM* zeigte sich, dass die Unterschiede zwischen den Unterabteilungen in diesen beiden Gruppen im allgemeinen geringfügig waren, namentlich in Gruppe *MLM*, weshalb diese Unterabteilungen in der Folge zu den beiden genannten Gruppen zusammengefasst worden sind. Dabei zeigte es sich, dass die Gesamtgruppe *LML* und *MLM* infolge der hier zur Anwendung gebrachten Milieuvariation, mit Ausnahme des Wachstums in der Eikammer, gerade bis zur Pubertät im Dunkel bzw. Licht gelebt hatten.

TABELLE 2.

ENDGRÖSSE		L_k	M_k	LM	ML	LML	MLM	ALTER
L_k	Δ/m		11,8±3,3 3,6	5,6±2,7 2,1	9,1±2,1 4,3	15,9±3,4 4,7	6,9±2,8 2,5	
M_k	Δ/m	0,76±0,07 10,9		17,4±3,7 4,7	2,7±3,3 0,8	27,7±4,2 6,6	18,7±3,7 5,1	
LM	Δ/m	0,63±0,04 15,8	0,13±0,07 1,9		14,7±2,7 5,4	10,3±3,9 2,6	1,3±3,3 0,4	
ML	Δ/m	0,16±0,04 4,0	0,60±0,07 9,0	0,47±0,04 11,2		25,0±3,4 7,4	16,0±2,8 5,7	
LML	Δ/m	0,38±0,06 6,3	0,38±0,07 4,9	0,25±0,06 4,3	0,22±0,06 3,8		9,0±3,9 2,3	
MLM	Δ/m	0,85±0,05 17,0	0,09±0,07 1,3	0,22±0,05 4,4	0,69±0,05 13,8	0,47±0,06 7,3		

TABELLE 3.

JUNGEN pro WURF		L_k	M_k	LM	ML	LML	MLM	GESAMTZAHL d. JUNGEN
L_k	Δ/m		202±32 6,3	204±27 7,6	22±25 0,9	247±33 7,5	523±35 14,9	
M_k	Δ/m	20,4±2,0 10,2		2±34 0,06	180±32 5,6	75±37 2,0	321±40 8,0	
LM	Δ/m	9,2±1,2 7,7	11,2±2,0 5,6		182±27 6,7	73±34 2,1	319±37 8,6	
ML	Δ/m	7,8±1,2 6,5	11,6±2,0 5,8	0,4±1,3 0,3		255±32 8,0	501±35 14,3	
LML	Δ/m	9,6±1,9 5,1	10,8±2,5 4,3	0,4±1,9 0,2	0,8±1,9 0,4		246±40 6,2	
MLM	Δ/m	19,3±1,6 12,1	1,1±2,3 0,5	10,1±1,7 5,9	10,5±1,7 6,2	9,7±2,2 4,4		

TABELLE 4.

ANZAHL WÜRFE		L_k	M_k	LM	ML	LML	MLM
M_k	Δ/m	1,9±0,8 2,4					
LM	Δ/m	1,6±0,7 2,3	3,5±0,8 4,4				
ML	Δ/m	2,9±0,6 4,8	1,0±0,7 1,4	4,5±0,6 7,6			
LML	Δ/m	3,5±0,7 5,0	5,4±0,8 6,8	1,9±0,7 2,7	6,4±0,6 11,0		
MLM	Δ/m	4,5±0,8 5,6	6,4±0,8 8,0	2,9±0,8 3,7	7,4±0,7 11,0	1,0±0,8 1,3	

Die so erhaltenen statistischen Mittelwerte sind in Tab. 1, (S. 24), und in den Haupttabellen I—VI (S. 93—101), niedergelegt. Aus den Tabellen 2, 3 und 4 (S. 25), lassen sich die Unterschiede zwischen den Parametern der einzelnen Hauptgruppen direkt ablesen. Den mittleren Fehlern, die für die einzelnen Untergruppen gefunden wurden, ist keine Bedeutung beigemessen worden.

Eine Analyse der Ergebnisse zeigt, wie aus der nachstehenden tabellarischen Übersicht hervorgeht, folgendes:

1. *M_k- und ML-Gruppen.*

Gruppe	Alter	Endgrösse	Gesamtzahl d. Jungen	Jungen pro Wurf	Anzahl Würfe
M_k	62±3	5,35±0,06	674±26	53±2	13±0,6
M_{4g} L	69±3	4,63±0,04	455±23	38±1	12±0,6
M_5 L	64±3	4,66±0,07	451±16	40±4	11±0,4
M_6 L	64±3	4,66±0,05	429±14	38±2	11±0,4
M_7 L	65±2	4,72±0,06	471±27	39±1	12±0,4
M_8 L	62±3	4,78±0,03	496±35	43±2	12±0,6
M_9 L	56±1	4,83±0,05	449±10	44±2	10±0,4
M_{17p} L	63±3	4,96±0,05	615±47	46±2	13±0,7
ML (sine M_{17p} L)	65±2	4,68±0,03	455±12	39±1	12±0,3
ML	65±1	4,75±0,03	494±18	41±1	12±0,3

Die M_k-Tiere, die das ganze Leben im Dunkel zugebracht haben, leben die kürzeste Zeit, nämlich 62 ± 3 Tage, während die *ML*-Tiere, die am Anfang ihres Lebens verschieden lange Zeit im Dunkel verbracht haben, eine etwas grössere Lebensdauer haben, 65 ± 1 Tage. Der Unterschied hinsichtlich der Lebensdauer zwischen den M_k- und *ML*-Tieren ist 3 ± 3 Tage (siehe Tab. 2, S. 25), es liegt also Identität vor. Die Lebensdauer in den einzelnen Untergruppen variiert bei den *ML*-Tieren im ganzen gesehen regelmässig, zwischen 56 und 69 Tagen und so, dass die Gruppe, welche die kürzeste Zeit im Dunkel gelebt hat, die längste Lebensdauer zeigt ($M_{4g}L$), während die Lebensdauer in den übrigen Gruppen etwa parallel zur ansteigenden Zeit des Aufenthalts im Dunkel abnimmt.

Die Endgrösse beträgt in der M_k-Gruppe 5,35 ± 0,06 mm, in der *ML*-Gruppe ist sie 4,75 ± 0,03 mm, zwischen 4,63 und 4,96 mm schwankend, und zwar so, dass eine fortlaufende Steigerung der Endgrösse parallel mit der im Dunkel verbrachten Zeit zu verzeichnen ist. Die Differenz zwischen den M_k- und den *ML*-Tieren ist in dieser Hinsicht statistisch gesichert und ist gleich dem 9fachen mittleren Fehler (siehe Tab. 2, S. 25).

Die Gesamtbrutzahl der M_k-Tiere ist 674 ± 26, die der ML-Tiere 494 ± 18, die Differenz ist 180 ± 32, d. h. etwa gleich dem 5fachen mittleren Fehler (siehe Tab. 3, S. 25) und damit gesichert. In den einzelnen Gruppen lässt sich kein bestimmter

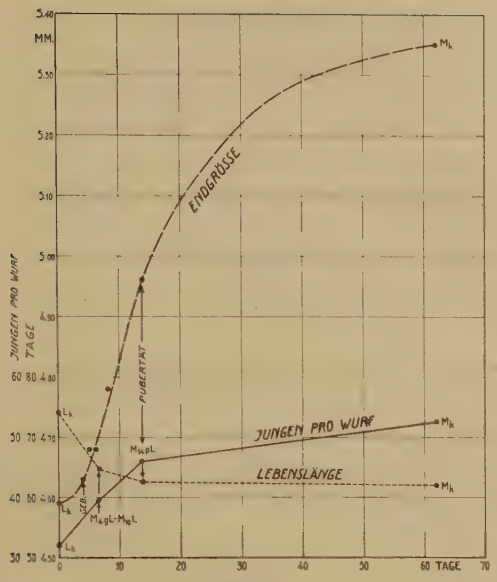

Abb. 2.

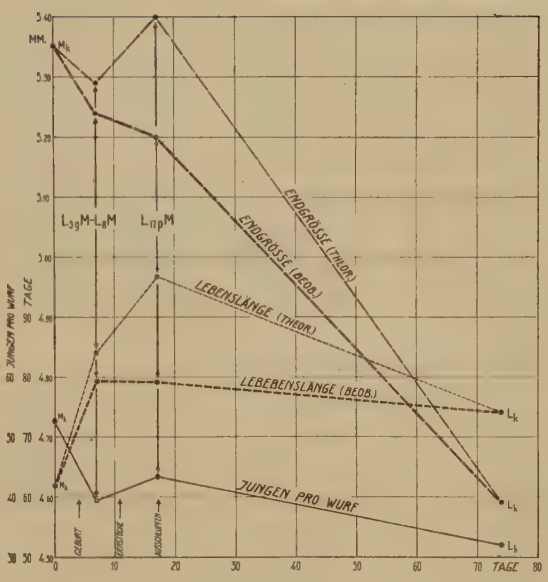

Abb. 3.

Abb. 2. Lebenslänge, Anzahl der Jungen pro Wurf und Endgrösse in den Unterabteilungen der Gruppe *ML*, angesetzt bei dem Zeitpunkt, an welchem in der betreffenden Gruppe die Tiere aus dem Dunkel ins Licht gebracht wurden, und zusammengestellt mit den entsprechenden Werten der Gruppen M_k bzw. L_k, nebst einer Kurve, die den theoretisch berechneten Verlauf der Endgrösse ausweist. Der Abstand vom 0. Tag bis zum betreffenden Punkt gibt die Zeit an, die die betreffende Gruppe im Dunkel verbracht hat.

Abb. 3. Lebenslänge, Anzahl der Jungen pro Wurf und Endgrösse in den Unterabteilungen der Gruppe *LM*, angesetzt bei dem Zeitpunkt, an welchem in der betreffenden Gruppe die Tiere aus dem Licht ins Dunkel gebracht wurden, und zusammengestellt mit den entsprechenden Werten der Gruppen M_k bzw. L_k. Der Abstand vom 0. Tage bis zum betreffenden Punkt gibt die Zeit an, die die betreffende Gruppe im Licht verbracht hat.

Gang ablesen. Doch besteht ein statistisch gesicherter Unterschied zwischen der Gruppe $M_{17p}L$ und den übrigen Untergruppen, da nämlich die Differenz, 160 ± 50, etwas grösser als der 3fache mittlere Fehler ist.

In der M_k-Gruppe ist die Wurfgrösse 53 ± 2 Junge pro Wurf und in der *ML*-Gruppe 41 ± 1. Der Unterschied, 12 ± 2 Junge, ist statistisch gesichert, nämlich gleich dem 6fachen mittleren Fehler (siehe Tab. 3, S. 25). In den einzelnen *ML*-Gruppen wechselt die Zahl der Jungen zwischen 38 und 46 pro Wurf, und zwar verändert sich die mittlere Anzahl parallel zu der Zeit, welche die einzelnen Gruppen im Dunkel verbracht haben.

Die Anzahl der Würfe schliesslich, in der M_k-Gruppe $13 \pm 0{,}6$ und in der *ML*-Gruppe $12 \pm 0{,}3$, ist praktisch in beiden Gruppen die gleiche (Differenz $1 \pm 0{,}7$, siehe Tab. 4, S. 25), und spezielle Eigentümlichkeiten liegen in den einzelnen *ML*-Gruppen nicht vor.

Wir finden also, dass die Lebensdauer wie auch die Anzahl der Jungen pro Wurf,

die Endgrösse und die Gesamtzahl der Jungen in bestimmter Weise von der Zeit abhängen, welche die einzelnen Versuchsgruppen vor der Verbringung ins Licht im Dunkel verlebt haben, und zwar so, dass die Lebensdauer parallel mit länger werdender Zeit im Dunkel *abnimmt*, während die Endgrösse, die Anzahl der Jungen pro Wurf und die Gesamtzahl der Jungen parallel mit der im Dunkel verbrachten Zeit *zunehmen*. Die Anzahl der Würfe dagegen wird nicht merklich beeinflusst. Bei einem Vergleich zwischen den Gruppen M_k und *ML* zeigt sich also eine *negative* Korrelation zwischen Lebensdauer und Endgrösse und eine *positive* Korrelation zwischen Endgrösse und der Anzahl Junge pro Wurf (siehe Abb. 2, S. 27).

2. *L_k- und LM-Gruppen.*

Gruppe	Alter	Endgrösse	Gesamtzahl d. Jungen	Jungen pro Wurf	Anzahl Würfe
L_k	74±2	4,59±0,03	472±18	32±1	15±0,5
L_{5g} *M*	78±3	5,27±0,03	675±24	42±2	17±0,9
L_6 *M*	91±6	5,28±0,08	672±46	37±2	19±1,6
L_7 *M*	71±7	5,14±0,02	578±53	39±1	15±1,5
L_8 *M*	83±3	5,21±0,07	645±66	37±1	17±1,4
L_{17p} *M*	79±4	5,20±0,05	700±36	43±1	16±0,9
LM (sine L_{17p} M)	80±3	5,24±0,03	657±20	40±1	17±0,6
LM	79±2	5,22±0,03	676±20	41±1	17±0,5

Die L_k-Tiere, die das ganze Leben im Licht verbracht haben, leben 74 ± 2 Tage, während die *LM*-Tiere eine durchschnittliche Lebensdauer von 79 ± 2 Tagen haben. Die Differenz zwischen den beiden Gruppen ist 5,6 ± 2,7 Tage, somit gleich dem 2,1fachen mittleren Fehler (siehe Tab. 2, S. 25), d. h. wahrscheinlich.

Die Endgrösse der L_k-Tiere beträgt 4,59 ± 0,03 mm, die der *LM*-Tiere 5,22 ± 0,03 mm, die Differenz, 0,63 ± 0,04, ist also nicht geringer als gleich dem 15,8fachen mittleren Fehler (siehe Tab. 2, S. 25).

Die Gesamtzahl der Jungen in der L_k-Gruppe ist 472 ± 18, in der *LM*-Gruppe 676 ± 20. Die Differenz, 204 ± 27, ist gleich dem 7,6fachen mittleren Fehler und somit statistisch gesichert (siehe Tab. 3, S. 25).

In der L_k-Gruppe beträgt die Anzahl der Jungen pro Wurf 32 ± 1 und in der *LM*-Gruppe 41 ± 1. Die Differenz, 9,2 ± 1,2, ist gleich dem 7,7fachen mittleren Fehler und somit statistisch gesichert (siehe Tab. 3, S. 25).

Was die Anzahl der Würfe beträgt, so ist diese in der L_k-Gruppe 15 ± 0,5 und in der *LM*-Gruppe 17 ± 0,5. Die Differenz ist 1,6 ± 0,7, d. h. gleich dem 2,3fachen mittleren Fehler und somit wahrscheinlich (siehe Tab. 4, S. 25). Die Anzahl der Würfe verhält sich in dieser Hinsicht also wie die Lebensdauer.

In den Unterabteilungen der *LM*-Gruppe lässt sich in keiner Weise eine regelmässige Veränderung unter dem Einfluss der Zeitdauer ablesen, während welcher

die einzelnen Gruppen im Licht gelebt haben, bevor sie ins Dunkel gebracht wurden. Stellt man die vier ersten Unterabteilungen zu einer gemeinsamen Gruppe $L_{5g}M$—L_8M zusammen und vergleicht mit der Gruppe $L_{17p}M$, so gilt das gleiche, da diese beiden Hauptgruppen bezüglich der hier untersuchten Erscheinungen in jeder Hinsicht identisch sind (siehe oben).

Die Ergebnisse erlauben also keine Detailanalyse der Verhältnisse in der Gruppe LM. Wie oben gezeigt wurde, besteht dagegen zwischen den Gruppen L_k und LM praktisch in jeder Hinsicht eine statistisch gesicherte Differenz, abgesehen von der Lebensdauer und der Anzahl der Würfe, wo die Differenz nur wahrscheinlich ist. Bei einer Vergleichung der Gruppen L_k und LM erkennt man hier eine *positive* Korrelation zwischen Endgrösse, Lebensdauer, Gesamtzahl der Jungen, Anzahl der Jungen pro Wurf und der Anzahl der Würfe (siehe Abb. 3, S. 27).

Wenn man statt der festgestellten Wachstumsdaten die bei der mathematisch-biologischen Analyse erhaltenen Werte für Lebensdauer und Endgrösse dem Vergleich zwischen den beiden Gruppen $L_{5g}M$—L_8M zugrunde legt (siehe oben), so tritt auch hier diese *positive* Korrelation zutage (siehe Abb. 3, S. 27), und zwar als eine direkte Folge der Zeitdauer, welche diese beiden Versuchsgruppen vor der Verbringung ins Dunkle im Licht gelebt haben (siehe Tab. 7, S. 49).

Wir finden also bei einer Verbringung aus dem Licht ins Dunkel eine fortschreitende Zunahme sowohl der Lebensdauer als der Endgrösse parallel zu der Zeitdauer, welche die Versuchstiere im Licht gelebt haben, bevor sie ins Dunkel gebracht wurden.

3. *LML*-Gruppe.

Gruppe	Alter	Endgrösse	Gesamtzahl d. Jungen	Jungen pro Wurf	Anzahl Würfe
$L_{3g}M_5L$	88±4	5,07±0,09	769±64	44±3	18±0,8
$L_{3g}M_8L$	81±7	5,19±0,11	832±47	50±2	17±1,5
$L_{3g}M_{13}L$	96±8	4,90±0,09	724±47	39±1	19±1,2
$L_{3g}M_{18}L$	96±5	4,72±0,08	658±41	34±4	20±0,8
$L_{3g}M_{23}L$	81±8	4,97±0,10	780±44	44±3	18±1,2
LML	90±3	4,97±0,10	749±27	42±2	18±0,5

Aus der obigen tabellarischen Übersicht geht hervor, dass die Tiere der *LML*-Gruppe durchschnittlich 90 ± 3 Tage lebten, eine Endgrösse von 4,97 ± 0,10 mm erreichten, eine Gesamtjungenzahl von 749 ± 27, eine Wurfgrösse von 42 ± 2 Jungen und eine Wurfanzahl von 18 ± 0,5 Würfen. Trotzdem diese Gruppe nur einen kürzeren Teil des Lebens im Dunkel verbracht hat, ist doch eine gewaltige Veränderung eingetreten, so dass der Unterschied zwischen dieser Gruppe und den L_k-Tieren in allen Beziehungen statistisch gesichert ist (siehe Tab. 2, 3 und 4, S. 25). Bei Vergleichung der einzelnen Unterabteilungen der Gruppe *LML* findet

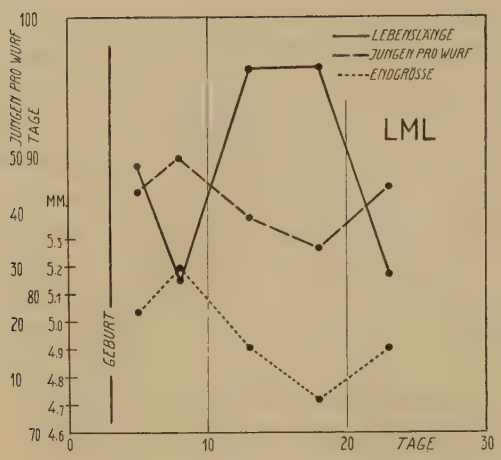

Abb. 4.

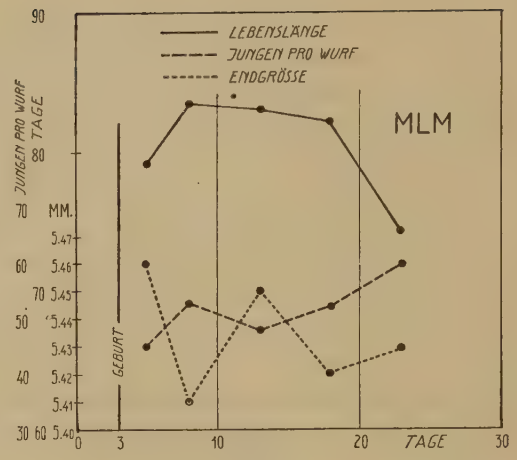

Abb. 5.

Abb. 4. Lebenslänge, Anzahl der Jungen pro Wurf und Endgrösse in den Untergruppen der Gruppe *LML*, angesetzt bei dem Zeitpunkt, an welchem in der betreffenden Gruppe die Tiere aus dem Dunkel ins Licht gebracht wurden. Der Abstand von der Geburt bis zu dem betreffenden Punkt gibt die Zeit an, die die betreffende Gruppe im Dunkel verbracht hat.

Abb. 5. Lebenslänge, Anzahl der Jungen pro Wurf und Endgrösse in den Unterabteilungen der Gruppe *MLM*, angesetzt bei dem Zeitpunkt, an welchem in der betreffenden Gruppe die Tiere aus dem Licht ins Dunkel gebracht wurden. Der Abstand von der Geburt bis zu dem betreffenden Punkt gibt die Zeit an, die die betreffende Gruppe im Licht verbracht hat.

man keine regelmässige Veränderung, die sich zu der von den einzelnen Gruppen im Dunkel verbrachten Zeit in Beziehungen bringen lässt. Die einzige Schlussfolgerung, die sich möglicherweise ziehen lässt, ist die, dass man im allgemeinen eine negative Korrelation zwischen Lebensdauer und Endgrösse und eine positive Korrelation zwischen der Endgrösse, der Anzahl Junge pro Wurf und der Gesamtzahl der Jungen findet (siehe Abb. 4, S. 30). Die Zahl der Würfe scheint sich nach der Lebensdauer zurichten.

Die Ergebnisse lassen somit keine Detailanalyse zu, eindeutig ist aber zu erkennen, *dass die Gruppe LML die grösste Lebensdauer sämtlicher Versuchsgruppen hat*, da der diesbezügliche Unterschied gegenüber den übrigen Versuchsgruppen statistisch gesichert ist, abgesehen von den Gruppen *LM* und *MLM*, für die er nur wahrscheinlich ist (siehe Tab. 2, S. 25).

4. *MLM-Gruppe.*

Wie die Übersicht unten zeigt, haben die *MLM*-Tiere eine durchschnittliche Lebensdauer von 81 $\pm$ 2 Tagen, eine Endgrösse von 5,44 $\pm$ 0,04 mm, eine Gesamtbrutzahl von 995 $\pm$ 30, eine Wurfgrösse von 52 $\pm$ 1 Jungen und eine Wurfanzahl von 19 $\pm$ 0,6 Würfen. Trotzdem die *MLM*-Gruppe durchschnittlich sehr kurze Zeit im Licht gelebt hat, ist also eine sehr starke Veränderung der Lebensdauer eingetreten.

Gruppe	Alter	Endgrösse	Gesamtzahl d. Jungen	Jungen pro Wurf	Anzahl Würfe
$M_{3g}L_5M$	79±5	5,46±0,14	914±57	46±2	20±0,8
$M_{3g}L_8M$	83±4	5,41±0,10	1065±47	53±3	20±0,7
$M_{3g}L_{18}M$	83±6	5,45±0,10	958±71	48±2	20±1,5
$M_{3g}L_{18}M$	82±6	5,42±0,10	1000±44	52±1	20±1,2
$M_{3g}L_{23}M$	74±5	5,43±0,08	1031±73	60±1	17±1,5
MLM	81±2	5,44±0,04	995±30	52±1	19±0,6

Der diesbezügliche Unterschied zwischen den *MLM*- und den M_k-Tieren beträgt 18,7 ± 3,7 Tage, ist also gleich dem 5,1fachen mittleren Fehler (siehe Tab. 2, S. 25). Dieser Unterschied tritt auch in bezug auf die Gesamtzahl der Jungen und die Anzahl der Würfe zutage (siehe Tab. 3 und 4, S. 25). Die Endgrösse und die Anzahl der Jungen pro Wurf sind dagegen in beiden Gruppen gleich.

Die einzelnen Unterabteilungen der Gruppe *MLM* sind sehr einheitlich, weshalb sich eine Detailanalyse der Umweltverhältnisse verbietet. Es scheint also, als übte die Zeitdauer, während der die Tiere im Licht gelebt haben, keinen direkten Einfluss auf das Endergebnis aus, wie es übrigens entsprechend möglicherweise auch von den *LML*-Tieren gilt, sondern als sei die festgestellte Veränderung vielmehr auf die *Variation* als solche zurückzuführen. Was das Verhältnis zwischen den einzelnen Charakteristika betrifft, wäre vielleicht zu erwähnen, dass eine negative Korrelation zwischen Endgrösse und Lebensdauer besteht, eine positive zwischen der Anzahl der Jungen pro Wurf und der Endgrösse (siehe Abb. 5, S. 30). Die Wurfanzahl scheint sich parallel zur Lebensdauer zu erhöhen, während die Gesamtzahl der Jungen am ehesten negativ korreliert zur Endgrösse ist.

Welche Wirkung übt nun das Dunkel bzw. das Licht auf das Wachstum und die damit zusammenhängenden Verhältnisse aus?

Ein Vergleich zwischen den Kostversuchen, die Ingle, Wood u. Banta (1937) und Dunham (1938) an Daphnia longispina ausgeführt haben, mit meinen Versuchen, ist hier sehr aufschlussreich.

Ingle und seine Mitarbeiter teilten ihre Tiere in drei Gruppen ein, eine »well fed» (normal), eine »starved throughout life» und eine »starved until 6th instar» (bis zum Eintritt der Pubertät). Dunham hatte zwei Gruppen wie Ingle u. Mitarb., nämlich »normals» und »semistarved», sowie eine dritte Gruppe »well fed to 6th instar», wobei »well fed» (Ingle) den »normals» (Dunham) und »starved throughout life» (Ingle) den »semistarved» (Dunham) entsprechen, wie aus den Beschreibungen der Methodik hervorgeht. Die Versuchsergebnisse von Ingle u. Mitarb. zeigen, dass das Verhältnis zwischen »well fed», »starved throughout life» und »starved until 6th instar» das entsprechende ist wie bei meinen Gruppen L_k, M_k und LM, was die Beziehungen zwischen Endgrösse, Lebensdauer und Anzahl Junge pro Wurf betrifft. Dasselbe gilt von den Ergebnissen Dunhams im Vergleich zu meinen

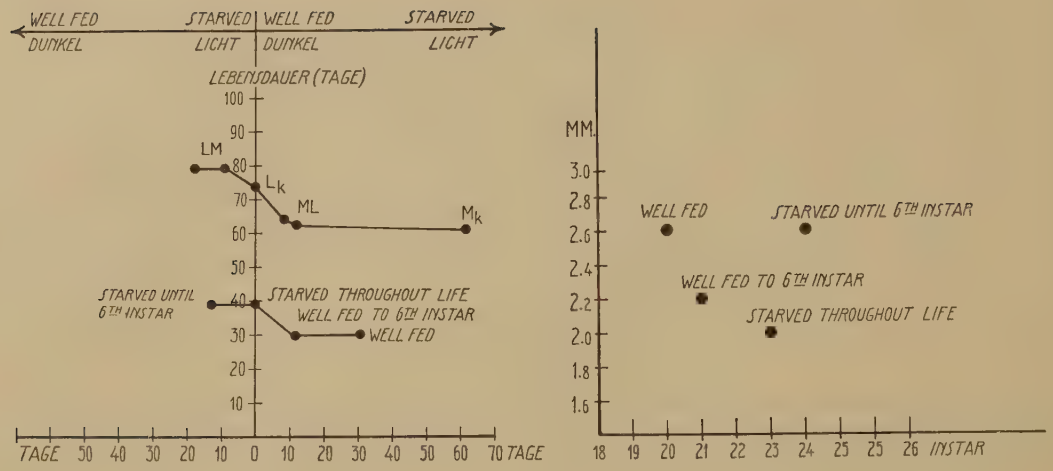

Abb. 6. Diagramm, das die Parallelität zwischen den Versuchsergebnissen mit Licht—Dunkel bzw. Hunger—ausreichender Nahrung (nach Ingle, Wood und Banta, 1937, Dunham, 1938) veranschaulicht. Die erzielte Lebensdauer ist bei dem Zeitpunkt angesetzt, an welchem für die betreffende Gruppe der Übergang vom Licht zum Dunkel, bzw. vom Hunger zur ausreichenden Nahrung und umgekehrt (linke Diagrammhälfte), und die erzielte Endgrösse und Lebensdauer sind in den Versuchen von Ingle u. Mitarb. beieinander angesetzt (rechte Diagrammhälfte).

Gruppen L_k, M_k und *ML*. Für den Vergleich habe ich Serie VII von Ingle u. Mitarb. und Dunhams Serie I gewählt, da diese beiden Serien untereinander die grösste Ähnlichkeit zeigen. Stellt man die bei den besagten Untersuchungen gefundenen Werte für die Lebensdauer mit meinen Ergebnissen zusammen und vergleicht man das Verhältnis zwischen Lebensdauer und Endgrösse, so ergibt sich eine praktisch vollständige Parallelität und ein gleichartiger Gang der durch die Versuche bewirkten Veränderung (siehe Abb. 6 u. 7, S. 32 u. 36). Die Ergebnisse sind also von der Versuchsmethodik unabhängig und die Wirkung von Dunkel—ausreichender Nahrung, Licht—Hunger ist gleichartig und vergleichbar.

Ebenso wie voll ausreichende Nahrung begünstigt also das Leben im Dunkel das Wachstum und steigert die Endgrösse, während es die Lebensdauer verkürzt. Licht verzögert ebenso wie Hunger das Wachstum, vermindert die Endgrösse, steigert aber die Lebensdauer. Wird das Versuchstier zuerst einem hemmenden und dann einem fördernden Faktor ausgesetzt, so sieht man, falls die Hemmung nicht zu lange ausgedehnt wird, keine Einwirkung auf die Endgrösse, sondern diese erreicht dieselben Werte wie bei konstant günstigem Milieu, während dagegen die Lebensdauer gesteigert wird und die bei konstanter Hemmung erzielte übertrifft. Bringt man das Versuchstier erst in ein günstiges Milieu und dann in ein hemmendes, so wird nicht dieselbe Endgrösse erreicht wie bei dauerndem Aufenthalt in günstigem Milieu, und gleichzeitig nimmt die Lebensdauer im Verhältnis zu der bei konstant hemmendem Milieu erzielten ab.

Die nachstehende tabellarische Übersicht veranschaulicht diese Verhältnisse

Gruppe	Alter	Endgrösse	Gesamtzahl d. Jungen	Jungen pro Wurf	Anzahl Würfe
M_k	62±3	5,35±0,06	674±26	53±2	13±0,6
$M_{14p}\,L$	63±3	4,96±0,05	615±47	46±2	13±0,7
ML (sine $M_{14p}\,L$)	65±2	4,68±0,03	455±12	39±1	12±0,3
L_k	74±2	4,59±0,03	472±18	32±1	15±0,5
LM (sine $L_{17p}\,M$)	80±3	5,24±0,03	657±20	40±1	17±0,6
$L_{17p}\,M$	79±4	5,20±0,05	700±36	43±1	16±0,9
LML	90±3	4,97±0.10	749±27	42±2	18±0,5
MLM	81±2	5,44±0,04	995±30	52±1	19±0,6

betreffs der einzelnen Hauptgruppen, während die obigen Darlegungen vor allem eine Detailanalyse der Verhältnisse innerhalb der Hauptgruppen zum Ziel hatten.

Wir finden hier, dass die Gruppe M_k, die in konstant günstigem Milieu (Dunkel) gelebt hat, eine Lebensdauer von 62 ± 3 Tagen und eine Endgrösse von 5,35 ± 0,06 mm hat. Die Gruppe L_k, die in konstant hemmendem Milieu gelebt hat, zeigt eine Lebensdauer von 74 ± 2 Tagen und eine Endgrösse von 4,59 ± 0,03 mm. Die Differenz zwischen diesen beiden Gruppen ist statistisch gesichert (siehe Tab. 2, S. 25). Die Gruppe $M_{14p}L$, die bis zur Pubertät in günstigem Milieu (Dunkel) und dann in hemmendem (Licht) gelebt hat, zeigt eine Lebensdauer von 63 ± 3 Tagen und eine Endgrösse von 4,96 ± 0,05 mm. Die Lebensdauer hat also im Verhältnis zur Gruppe M_k ein wenig zugenommen, wenn auch diese Zunahme statistisch nicht hervortritt. Im Verhältnis zur Gruppe L_k liegt eine statistisch sichere Differenz vor, nämlich 11 ± 3,6 Tage, d. h. gleich dem 3,1fachen mittleren Fehler. Bezüglich der Endgrösse ist dagegen der Unterschied sowohl im Vergleich zur Gruppe L_k als zur Gruppe M_k statistisch gesichert, und zwar ist er 0,37 ± 0,06, d. h. gleich dem 6fachen mittleren Fehler, bzw. 0,39 ± 0,08, d. h. gleich dem 5fachen mittleren Fehler (siehe Tab. 2, S. 25). In der Gruppe ML (sine $M_{14p}L$), wo die Verbringung aus dem günstigen (Dunkel) ins hemmende (Licht) Milieu vor der Pubertät erfolgte, und zwar im Gruppendurchschnitt am 6. Tage, haben sich die Verhältnisse gegenüber denen der L_k-Gruppe noch weiter verschoben. Die Lebensdauer beträgt 65 ± 2 Tage und die Endgrösse ist 4,68 ± 0,03 mm. Die Differenz hinsichtlich der Lebensdauer ist weiterhin statistisch gesichert, 9 ± 2,8 Tage, also gleich dem 3,2fachen mittleren Fehler. Eine statistisch sichere Differenz gegenüber der M_k-Gruppe liegt auch hier nicht vor. Der Unterschied hinsichtlich der Endgrösse zwischen L_k und ML (sine $M_{14p}L$) ist 0,09 ± 0,4, d. h. gleich dem 2,2fachen mittleren Fehler und somit statistisch wahrscheinlich (siehe Tab. 2, s. 25).

In der Gruppe LM (sine $L_{17p}M$), wo die Tiere vor der Pubertät aus dem hemmenden (Licht) ins günstige Milieu (Dunkel) verbracht wurden, und zwar im Gruppendurchschnitt am 6,5. Tag, ist die Lebensdauer 80 ± 3 Tage und die Endgrösse 5,24 ± 0,03

mm. Es ist also im Vergleich zu den L_k-Tieren eine Verlängerung der Lebensdauer zu verzeichnen, wenn auch der Unterschied von 6 ± 3,6 Tagen, also gleich dem 1,7-fachen mittleren Fehler, statistisch nicht einmal wahrscheinlich ist. Dagegen ist der Unterschied in der Endgrösse zwischen den beiden Gruppen, 0,65 ± 0,04 mm, d. h. gleich dem 15,5fachen mittleren Fehler, statistisch gesichert (siehe Tab. 2, S. 25). Die Gruppe $L_{17p}M$, wo die Verbringung aus dem hemmenden (Licht) ins günstige Milieu (Dunkel) bei der Pubertät erfolgte, zeigt dieselben Verhältnisse wie die Gruppe *LM* (sine $L_{17p}M$). Dass die Zunahme der Lebensdauer nicht deutlicher hervorgetreten ist, erklärt sich durch besondere Umstände, auf die unten näher eingegangen wird.

Die übrigen beobachteten Erscheinungen, wie Jungengesamtzahl, Wurfgrösse und Wurfanzahl, verhalten sich im grossen ganzen entsprechend wie Lebensdauer und Endgrösse. So ändert sich die Gesamtzahl der Jungen wie auch die Wurfgrösse parallel zur Endgrösse, während die Wurfanzahl sich nach der Lebensdauer richtet.

Wie schon hervorgehoben wurde (siehe S. 10), werden die Tiere am ältesten und grössten, die man intermittent hungern lässt. Wie reagieren die Tiere auf intermittentes Licht bzw. Dunkel?

Aus der obigen Übersichtstabelle (S. 33) geht hervor, dass die *LML*-Gruppe, wie ebenfalls schon erwähnt, eine Lebensdauer von 90 ± 3 Tagen hat und damit in dieser Hinsicht alle übrigen Gruppen übertrifft. Der Unterschied gegenüber den anderen Gruppen ist, von den Gruppen *LM* und *MLM* abgesehen, bezüglich welcher nur ein statistisch wahrscheinlicher Unterschied vorliegt, statistisch gesichert (siehe Tab. 2, S. 25). Auch die Endgrösse von 4,97 ± 0,05 mm weicht von derjenigen der übrigen Gruppen ab, und zwar ist die Differenz in sämtlichen Fällen statistisch gesichert (siehe Tab. 2, S. 25). Eine Ausnahme davon macht die Gruppe $M_{14p}L$ mit der Endgrösse 4,96 ± 0,05 mm, wo also Identität zu verzeichnen ist. Diese Gruppe weist bezüglich ihrer Milieuverhältnisse eine gewisse Ähnlichkeit mit der *LML*-Gruppe auf, da infolge der Zusammensetzung der letzteren (siehe oben) das begünstigende Milieu (Dunkel) in beiden Gruppen etwa entsprechend lange hat einwirken können. Der Effekt intermittenten Dunkels drückt sich auch in der festgestellten Zunahme der Jungengesamtzahl, 749 ± 27, sowie in der Steigerung der Wurfgrösse auf 42 ± 2 aus, verglichen mit den entsprechenden Zahlen der Gruppe L_k (siehe Tab. 1, S. 24).

Die Gruppe *MLM* hat, wie aus der obigen Übersicht hervorgeht, eine Lebensdauer von 81 ± 2 Tagen, d. i. die zweitlängste aller Gruppen. Die Differenz hinsichtlich der Lebensdauer zwischen dieser Gruppe und den übrigen verhält sich folgendermassen:

keine Differenz zwischen *MLM* und *LM*,

statistisch wahrscheinliche Diff. zwischen *MLM* und L_k bzw. *LML*,

statistisch gesicherte Diff. zwischen *MLM* und den übrigen Gruppen (siehe Tab. 2, S. 25).

Die Endgrösse, 5,44 ± 0,04 mm, ist die grösste beobachtete, und zwar ist der Unterschied hier gegenüber den anderen Gruppen statistisch gesichert, abgesehen

von der Gruppe M_k 0,09 ± 0,07, also gleich dem 1,3fachen mittleren Fehler, so dass Identität mit dieser Gruppe vorliegt (siehe Tab. 2, S. 25). Intermittentes Licht hat im Gegensatz zu intermittentem Dunkel die Grösse der Würfe nicht verändert; sie beträgt hier 52 ± 1 Junge, d. i. dieselbe Anzahl wie in der M_k-Gruppe. Die Jungengesamtzahl ist die grösste überhaupt beobachtete. Die Differenz zwischen ihr und den entsprechenden Zahlen der übrigen Gruppen ist in allen Fällen statistisch gesichert. Diese Steigerung der Gesamtbrutzahl ist vor allem auf die entsprechend der grösseren Lebensdauer gesteigerte Anzahl von Würfen zurückzuführen.

Die obige Analyse zeigt also folgendes: *Intermittentes Licht bzw. intermittentes Dunkel verlängert ebenso wie intermittentes Fasten die Lebensdauer, während dagegen der Einfluss auf die Endgrösse wechselt. Die Einwirkung richtet sich offenbar hochgradig danach, in welcher Reihenfolge das Versuchstier dem hemmenden (Licht) bzw. dem günstigen Milieu (Dunkel) ausgesetzt wird, und zwar erzielt man die längste Lebensdauer, wenn der günstige (Dunkel) Faktor »intermittent« ist, während die grösste Endgrösse erreicht wird, wenn der hemmende (Licht) Faktor »intermittent« ist.*

Dass gerade die Reihenfolge von Licht und Dunkel entscheidende Bedeutung hat, erhellt aus der Tatsache, dass die Gruppen *LM* umd *ML* ganz verschiedene Ergebnisse aufweisen, trotzdem die betreffenden Faktoren ihre Wirkung nur kurze Zeit hatten ausüben dürfen, längstens bis zur Pubertät. Dass trotzdem eine so ausgeprägte Wirkung erzielt wird, lässt darauf schliessen, dass die Zeit vor der Pubertät in vielen Fällen determinierende Bedeutung für den weiteren Verlauf besitzt. Dies entspricht auch den theoretischen Erwartungen gemäss der Backmanschen Quantengrenzentheorie (siehe unten S. 43). Bei der Pubertät ist nach der Backmanschen Formel der asymptotische Endwert des halben Grundzyklus erreicht, wobei der entsprechende organische Zeitpunkt symmetrisch zwischen den unendlich ausgedehnten Richtungen der organischen Zeit liegt, da die Pubertät bei $x = \sqrt{\frac{0}{2}}$ eintritt. Indessen ist zu beachten, dass der natürliche Tod das Wachstum bei 95,84 % des Endwertes und wenn das organische Alter den Wert $x = \sqrt{\frac{3}{2}}$ erreicht hat, beendigt. Trotzdem die organische Lebensdauer nach $x = \sqrt{\frac{0}{2}}$, also nach der Pubertät, unerhört viel kürzer ist als die unendliche organische Zeit, die vor diesem Punkt liegt, ist die physikalische Entsprechung der organischen Zeit nach der Pubertät in der Regel um ein Vielfaches grösser als die physikalische Entsprechung der organischen Zeit vor der Pubertät. (Siehe jedoch unten S. 44 über die Quantengrenzen.)

Wollen wir nun feststellen, wie sich die betreffenden Verhältnisse bei dieser Untersuchung gestalten, so finden wir auch, dass die Pubertät in allen hier untersuchten Einzelheiten einen Wendepunkt darstellt (siehe Abb. 2 und 3, S. 27). Wählen wir den Unterschied, der zwischen L_k und M_k hinsichtlich der einzelnen Daten besteht, als Mass für den Unterschied in der Wirkung zwischen den beiden Milieus Licht und Dunkel, so zeigt es sich, dass in den Gruppen, die gerade zur Zeit der Pubertät einer Milieuveränderung unterworfen wurden, die Zahl der Jungen pro Wurf mitten

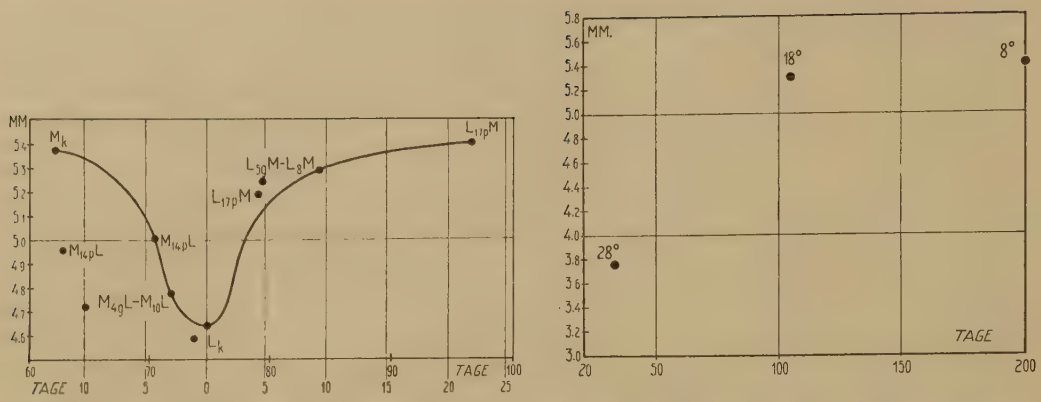

Abb. 7. Lebensdauer und Endgrösse der Hauptgruppen, beieinander angesetzt, nebst theoretischer Lebensdauer und Endgrösse, in gleicher Weise angesetzt, mit Wiedergabe der theoretischen Kurven, die, von der Lage der Gruppe L - ausgehend, den berechneten Verlauf angeben. *Abb. 8.* Lebensdauer und Endgrösse von Daphnia magna bei verschiedenen Temperaturen (nach McArthur und Baillie, 1929 a).

zwischen den entsprechenden Zahlen der Vergleichsgruppen liegt. Die Endgrösse der Gruppe $M_{14p}L$, 4,96 mm, ist gleich der Endgrösse in der Gruppe L_k + 50 % der Differenz zwischen L_k und M_k, nämlich 4,59 + 0,38 = 4,97 mm. Die Lebensdauer in der Gruppe $L_{17p}M$, 79,2 Tage, ist gleich der Lebensdauer der Gruppe L_k + 50 % der Differenz zwischen L_k und M_k nämlich 73,8+5,9 = 79,7 Tage.

Ein hemmender Einfluss vor der Pubertät scheint also vor allem die Lebensdauer zu steigern, während ein fördernder Einfluss vor der Pubertät die Endgrösse zu steigern und die Lebensdauer zu verkürzen scheint.

Wenn dies der Fall ist, wird man also eine immer grössere Endgrösse und eine immer kürzere Lebensdauer erwarten können, je länger ein konstant günstiges Milieu einwirkt. Das ist auch tatsächlich so (siehe Abb. 7, S. 36 Gruppen M_k—ML).

Andererseits wird bei Einwirkung eines hemmenden Milieus vor der Pubertät die Lebensdauer um so länger sein, je länger dieses Milieu einwirkt. Tatsächlich zeigen die Versuchsergebnisse, dass die Lebensdauer zwar zugenommen hat, dass aber Identität zwischen den einzelnen Gruppen LM besteht, einerlei, wie lange diese in Licht gelebt haben. Gleichzeitig ergibt sich eine Zunahme der Endgrösse oder, wie weiter oben (S. 29) hervorgehoben wurde, eine positive Korrelation zwischen Lebensdauer und Endgrösse. Wie erklärt sich dies?

Wie frühere Untersucher gezeigt haben (siehe S. 10), tritt, vorausgesetzt, dass der hemmende Einfluss nicht zu lange wirkt, keine Reduktion der Endgrösse ein. Das ist in den Gruppen LM auch nicht geschehen. Haben wir also eine positive Korrelation zwischen Lebensdauer und Endgrösse, so muss diese unter den gegebenen Versuchsbedingungen ausnahmslos gültig sein. Ein Vergleich zwischen den Gruppen $L_{5g}M$—L_8M und $L_{17p}M$ zeigt indessen, dass in jeder Beziehung Identität besteht und dass man am ehesten von einer negativen Korrelation zwischen Lebensdauer und Endgrösse sprechen könnte. Bedienen wir uns statt der direkt observierten

Daten der bei der mathematisch-biologischen Analyse gewonnenen, so ist das Ergebnis ein ganz anderes (siehe Abb. 7, S. 36, und Tab. 7, S. 49).

Dieses Verfahren, über das man selbstverständlich diskutieren kann, gründet sich auf zwei Voraussetzungen, und zwar

1) darauf, dass das Leben sein physiologisches Ende durch das Eintreten des »natürlichen» Todes findet, sowie
2) darauf, dass die angewandte mathematische Analyse es ermöglicht, die Lebensdauer und Endgrösse wiederzugeben, wohin der Organismus physiologisch strebt (siehe unten S. 48, mathematisch-biologische Analyse der Ergebnisse, und S. 76, Quantengrenzen und Sterblichkeit).

Da Zufälligkeiten, die sich natürlich häufig nicht direkt aufzeigen lassen, oft das physiologische Geschehen vorzeitig gewaltsam zum Abschluss bringen, so ist unter den gegebenen Voraussetzungen den aus der mathematischen Analyse erhaltenen Werten grössere Beweiskraft beizumessen als den Ergebnissen, die aus den durch Zufälligkeiten verschiedener Art mehr oder weniger gestörten direkten Beobachtungen gewonnen werden.

Die mathematische Analyse ergibt nun für $L_{5g}M$—L_8M eine Lebensdauer von 84,1 Tagen und eine Endgrösse von 5,29 mm, während die Lebensdauer für $L_{17p}M$ mit 96,8 Tagen und die Endgrösse mit 5,40 mm gefunden wird. Wir sehen hier also die vermutete positive Korrelation zwischen Lebensdauer und Endgrösse, sowie die parallel zu der Zeit, während der das hemmende Milieu (Licht) vor der Verbringung der Tiere in ein günstiges Milieu (Dunkel) hat einwirken können, zunehmende Lebensdauer.

Diese Analyse hat also folgendes ergeben: *Die durch das Milieu hervorgerufene Veränderung ist eine gesetzmässig bestimmte; die Qualität der Veränderung richtet sich nach dem hemmenden oder fördernden Charakter des Milieus, die Quantität derselben nach der Zeit, die das betreffende Milieu einwirkt; das Milieu vor der Pubertät ist von entscheidender Bedeutung für das Endergebnis.*

Ist also die durch das Milieu hervorgerufene Veränderung eine gesetzmässige, so muss sie mathematisch ausgedrückt werden können. Gehen wir nach wie vor von den bei der mathematisch-biologischen Analyse gefundenen Werten für Lebensdauer und Endgrösse aus, so ist dies auch in ausserordentlich exakter Weise mittels der Backmanschen Wachstumsformel möglich: $y = c_0 \int_{-\infty}^{x} e^{-x^2} \cdot dx$ (siehe unten). Ausgehend von der Lebensdauer von L_k als Determinationskonstante, also t_{L_k}, wird zunächst die Kurve festgestellt, die, von L_k ihren Ursprung nehmend, durch die einzelnen ML-Gruppen verläuft, die in der Weise gewonnen sind, dass vom Eistadium bis zu einem mit jeder Gruppe wechselnden Zeitpunkt die Tiere im Dunkel gehalten wurden, indem von t_{L_k} die Zeit $(t—t_{L_k})$ abgesetzt wird, wobei angenommen ist, dass der Lebensdauer von M_k in der so erhaltenen Kurve die organische Zeit $x = \sqrt{\frac{3}{2}}$ entspricht. Es ergibt sich dann die organische Zeit $x = c_1 \log (t_{L_k}—t) + c_2$. Die

Konstanten wurden mit $c_1 = 2{,}6052$ und $c_2 = -1{,}6238$ gefunden. Die Asymptote der gesuchten Kurve ist $I = 0{,}76$ mm, d. i. der Unterschied zwischen dem Körperlängenwert, dem die M_k-Tiere zustreben, und demjenigen, dem die L_k-Tiere zustreben. Mit Hilfe dieser Konstanten wurde dann die gesuchte Kurve berechnet (siehe Abb. 7, S. 36). Auf dieselbe Weise wurde die Kurve durch die einzelnen LM-Gruppen berechnet (siehe Abb. 7, S. 36); die organische Zeit ist hier $x = c_1 \log (t - t_{L_k})$, die Konstanten $c_1 = 1{,}4990$, $c_2 = -0{,}7875$, die Asymptote $I = 0{,}79$ mm.

Wie aus Abb. 7 hervorgeht, in der auch die Daten der einzelnen Experiment- und Kontrollgruppen eingezeichnet sind, besteht eine sehr exakte Übereinstimmung zwischen den theoretisch errechneten Daten und den auf diese Weise gefundenen Kurven. Die benutzten Funktionen sind also:

I. für Endgrösse und Lebensdauer der Dunkelgruppen, aus Lebensdauer und Endgrösse der L_k- und M_k-Gruppen berechnet:

$$y = \frac{0{,}76}{\sqrt{\pi}} \int_{-\infty}^{x} e^{-x^2} \cdot dx;$$

$$x = 2{,}6052 \cdot \log (74{,}8 - t) - 1{,}6238.$$

II. für Endgrösse und Lebensdauer der LM-Gruppe, aus Lebensdauer und Endgrösse der L_k- und der $L_{17p}M$-Gruppe berechnet:

$$y = \frac{0{,}79}{\sqrt{\pi}} \int_{-\infty}^{x} e^{-x^2} \cdot dx;$$

$$x = 1{,}4990 \cdot \log (t - 74{,}8) - 0{,}7875.$$

Diese Analyse hat somit folgendes ergeben: Die durch Variation des Licht—Dunkel-Milieus hervorgerufene Veränderung von Lebensdauer und Endgrösse folgt demselben biologischen Grundprinzip, das der Backmanschen *Wachstumsfunktion zugrunde liegt.*

Dass es sich wirklich so verhält, zeigt mit aller Deutlichkeit eine andere, ähnliche Analyse. Setzt man nämlich in den Gruppen ML (siehe Abb. 2, S. 27) die Endgrösse bei dem Zeitpunkt an, wo die Tiere aus dem Dunkel ins Licht gebracht wurden, und setzt als Endpunkte in gleicher Weise die entsprechenden Werte für L_k und M_k ab, so tritt die S-Form klar zutage und lässt sich mit der Backmanschen Wachstumsformel exakt ausdrücken. Die Gruppe L_k bildet dabei den Ursprung der Kurve, während die Gruppe M_k der organischen Zeit $x = \sqrt{\frac{3}{2}}$ entsprechen soll. Die Konstanten wurden mit $c_1 = 1{,}9872$ und $c_2 = -2{,}3371$ gefunden, die Asymptote mit $I = 0{,}79$ mm, was also die Differenz zwischen dem Körperlängenwert ist, dem die M_k-Tiere zustreben, und demjenigen, dem die L_k-Tiere zustreben. Dass wir hier einen anderen Asymptotenwert haben als oben, liegt daran, dass bei dieser Berechnung die *beobachteten* Werte benutzt worden sind, während oben die bei der mathema-

tisch-biologischen Analyse erhaltenen verwendet wurden. Die benutzte Funktion ist also:

$$y = \frac{0{,}79}{\sqrt{\pi}} \int_{-\infty}^{x} e^{-x^2} \, . \, dx;$$

$$x = 1{,}9872 \cdot \log t - 2{,}3371.$$

Wie aus Abb. 2 hervorgeht, besteht eine sehr gute Übereinstimmung zwischen den Observationen und der theoretisch berechneten Kurve. Ferner zeigt es sich, dass die Gruppe $M_{14p}L$, deren Tiere gerade bei der Pubertät aus dem Dunkel ins Licht gebracht wurden, eine Endgrösse hat, die gleich der Endgrösse von L_k zuzüglich der halben Differenz zwischen L_k und M_k ist.

Diese Analysen haben also folgendes gezeigt:

Die durch differenzierte Einwirkung von Dunkel und Licht erhaltenen Ergebnisse lassen sich den von anderen Forschern bei differenzierter Nahrungszufuhr gewonnenen Ergebnissen gleichstellen. Die eingetretenen Veränderungen von Wachstum, Lebensdauer und Endgrösse lassen sich auf den hemmenden (Licht) bzw. fördernden (Dunkel) Einfluss des Milieus zurückführen, und zwar hat sich die Zeit vor der Pubertät als hochgradig ausschlaggebend für die Reaktion des Genotypus auf eine Milieuveränderung und die daraus resultierende Gestaltung des Phänotypus erwiesen. Diese veränderte Reaktion des Genotypus ist gesetzmässig bestimmt und folgt dem gleichen allgemeinbiologischen Prinzip, das der Backmanschen *Wachstumsformel zugrunde liegt.*

Wenn also die Reaktion des Genotypus auf eine Umweltveränderung gesetzmässig bestimmt ist, so muss diese Reaktion von der angewandten Versuchsmethodik unabhängig sein. Wie oben gezeigt wurde, lässt sich die Reaktion auf den hemmenden bzw. fördernden Einfluss des Milieus zurückführen, unter welchem Einfluss das Ergebnis in gesetzmässig bestimmter Weise schwankt, je nachdem, in welcher zeitlichen Reihenfolge die einzelnen Milieus einwirken. Bei den Temperaturversuchen hat man, wie schon erwähnt, unter dem Einfluss verschiedener Temperaturen stets einen ganz bestimmten Gang der Veränderung gesehen, und zwar so, dass immer eine positive Korrelation zwischen Lebensdauer und Endgrösse besteht, unabhängig davon, mit welchem Versuchstier man arbeitet.

Lässt sich dieser Befund nun auch ausgehend von den mit Licht- und Dunkelversuchen gewonnenen Ergebnissen erklären, d. h. lassen sich die Ergebnisse der Versuche mit Einwirkung unterschiedlicher Temperaturen in einen grösseren, allgemeineren Zusammenhang einfügen?

Was sogleich auffällt, ist die Tatsache, dass man in den Gruppen L_k, $L_{5g}M$—L_8M und $L_{17p}M$ denselben typischen Gang der durch das Milieu hervorgerufenen Veränderung wiederfindet wie bei den Temperaturversuchen (vgl. Abb. 7 und 8, S. 36), und zwar entspricht hier die Gruppe L_k den 28°-Tieren und die übrigen Gruppen entsprechen den 18°- bzw. 8°-Tieren.

Da, wie weiter oben erwähnt, eine Parallele besteht zwischen Licht—Dunkel und Hunger—ausreichende Nahrung, so dass die L_k-Tiere den Tieren entsprechen,

die ständig gehungert haben, die $L_{5g}M$—L_8M-Tiere denjenigen Tieren, die kürzere Zeit gehungert und dann ausreichende Kost bekommen haben, während die $L_{17p}M$-Tiere den Tieren entsprechen, die längere Zeit gehungert und dann ausreichende Kost bekommen haben, dürfen wir vermutlich die Beziehung Lebensdauer—Endgrösse als von dem Verhältnis zwischen Assimilation und Dissimilation abhängig betrachten. Da die reinen »Hungertiere» zweifellos die Gruppe darstellen, die in bezug auf die Assimilation am ungünstigsten gestellt ist, während sich in den übrigen Gruppen mit der Milieuveränderung eine sprunghafte Verschiebung in Richtung auf bessere Assimilation vollzieht, darf man wohl, trotzdem in dieser Hinsicht nichts bekannt ist, die gleichen Gesichtspunkte an die Gruppen L_k, $L_{5g}M$—L_8M und L_{17p}M anlegen. Die bei den Temperaturversuchen erhobenen Befunde beruhen nach McArthur u. Baillie (1929 a) auf dem Verhältnis zwischen Assimilation und Dissimilation, nämlich so, dass höhere Temperatur das Verhältnis zwischen Assimilation und Dissimilation zuungunsten der Assimilation verschiebt und umgekehrt, wobei »the net balance available for growth is accordingly large in cold, small in heat». Wir finden also in dieser Hinsicht und mit den oben ausgesprochenen Vorbehalten eine Parallelität zwischen den Temperaturversuchen und den Licht- bzw. Licht— Dunkelversuchen, sowie den Versuchen mit Hunger bzw. Hunger—ausreichender Kost. Die dritte Möglichkeit, Dunkel bzw. ausreichende Kost, also die Faktoren, die hohe Endgrösse und kurze Lebensdauer liefern, ist offenbar bei Temperaturversuchen nicht vorhanden. Hierfür sprechen die Ergebnisse, die Alpatov und Pearl (1929) bei Versuchen an Drosophila erhielten, wobei jedoch ein gewisser Vorbehalt am Platze ist, da wir nichts über das Wachstum der Imago von Drosophila wissen. Alpatov und Pearl züchteten Drosophila teils bei 18° und teils bei 28°, und zwar liessen sie einen Teil der Versuchstiere während des Imagostadiums in der Temperatur verbleiben, in der sie aufgezogen worden waren, während ein Teil der 18°-Tiere in eine Temperatur von 28° gebracht wurde und dort verblieb, ein Teil der 28°-Tiere umgekehrt in eine Temperatur von 18°. Bei einer konstanten Temperatur von 18° war die Lebensdauer (Weibchen) $70{,}61 \pm 0{,}98$ Tage, bei 28° war sie $28{,}52 \pm 0{,}34$ Tage. Die bei 18° aufgezogenen und dann in eine Temperatur von 28° verbrachten Tiere lebten $30{,}67 \pm 0{,}43$ Tage, die bei 28° aufgezogenen und in eine Temperatur von 18° verbrachten blieben $65{,}25 \pm 0{,}96$ Tage am Leben. Wir sehen also, dass im letzteren Falle eine Lebensdauer erzielt wurde, die etwa dieselbe Grössenordnung hat wie diejenige der Tiere, die dauernd in derselben Temperatur gelebt haben, wobei jedoch die Temperatur, in der die Tiere aufgezogen wurden, eine gewisse Rolle spielt, wie aus den Ergebnissen hervorgeht, da die Differenzen zwischen den einzelnen Gruppen statistisch gesichert sind. Unter der Voraussetzung, dass die Relation zwischen Assimilation und Dissimilation auf die Lebensdauer von Einfluss ist, muss sich ein regelmässiger Gang der Veränderung ablesen lassen. Ordnet man die Temperaturen nach diesem Prinzip, so erhält man: 28°, 18°—28°, 28°—18° und 18°, wobei sich die erzielte Lebensdauer parallel dieser Reihenfolge verändern müsste, was auch tatsächlich der Fall war. Daraus geht hervor, dass die oben angegebene dritte Möglichkeit ausgeschlossen

ist und dass die bei den Temperaturversuchen erhaltenen Ergebnisse stets eindeutig sind, weshalb also die Korrelation zwischen Lebensdauer und Endgrösse sich ständig auf eine ganz bestimmte Weise verhalten und immer positiv sein muss.

Die Analyse zeigt also folgendes: *Die Ergebnisse der Temperaturversuche lassen sich mit den in den Versuchen mit Licht bzw. Licht—Dunkel erzielten Resultaten parallelisieren und gehorchen damit denselben Gesetzen, die weiter oben für diese aufgezeigt worden sind.*

Das folgende Schema veranschaulicht die Parallelität der einzelnen Umweltfaktoren:

Ausreichende Kost	Ausreichende Kost-Hunger	Hunger	Hunger-ausreichende Kost
Dunkel	Dunkel-Licht	Licht	Licht-Dunkel
		Hohe Temp.	Niedrige Temp.

Mathematisch-biologische Analyse des Wachstums und Lebensablaufs.

A. Allgemeine Wachstumsgesetze.

Um eine Vorstellung vom Verlauf des Wachstums und dem damit verknüpften biologischen Geschehen zu gewinnen, muss man zunächst das Wachstum mathematisch ausdrücken können. Seit man damit begann, Beobachtungen über Wachstumsverläufe zu sammeln, war man auch bemüht, diese mathematisch wiederzugeben, und man hat mehrere diesbezügliche Funktionen aufgestellt. Eine Reihe von diesen vermochte den Wachstumsverlauf mehr oder weniger gut wiederzugeben. Das Wachstum vollzieht sich bekanntlich in einer typischen *S*-Kurve (Robertson 1908, Ostwald 1908), die jedoch dadurch kompliziert sein kann, dass sich zwei oder mehr *S*-Kurven aufeinander oder ein wenig hintereinander lagern zu können scheinen. Nur den Wachstumsverlauf wiedergeben zu können, ist jedoch von beschränktem Wert. Erlaubt dagegen die benutzte Funktion eine biologische Deutung der mit dem Wachstum verknüpften Lebensäusserungen, so ist selbstverständlich die Funktion von grösster Bedeutung. Keine der früher aufgestellten Funktionen erlaubte aber eine solche Deutung. Erst mit der von Backman im Jahre 1931 aufgestellten und später von J. Andersson 1939 integrierten Wachstumsformel hat sich eine solche Möglichkeit ergeben.

Einer der wichtigsten Begriffe in dieser Wachstumsfunktion ist die *organische Zeit*. Backman schreibt darüber (1939 a): »Angesichts der neuen Arbeiten von Biologen und Physikern scheinen wir berechtigt anzunehmen, dass unter den *unendlich vielen Zeiten*, die es auch nach der Relativitätstheorie gibt, sich *zwei Hauptarten* unterscheiden lassen, *die kinematische und die dynamische*. Die erstere (Milne) ist eine gleichmässig hinfliessende, arithmetische Zeit, repräsentiert durch die in äquidistanten Abständen angeordnete Reihe der ganzen Zahlen. Die zweite oder dynamische Zeit ist eine logarithmische. *Die dynamische Zeit tritt in zwei Hauptarten auf, der dynamischen der toten Welt und der dynamischen der lebenden.* Die dynamische Zeit der toten Welt kann (abgesehen von dem Einfluss der Bewegung) als eine einheitliche aufgefasst werden, *die dynamische Zeit der lebenden Welt ist ebenso einheitlich wie die der toten, sie ist die Eigenzeit der Organismen.* Es verhält sich also nicht so, wie v. Baer, Mach, v. Uexküll, Woltereck, Kříženecký glaubten, dass die Eigenzeit der verschiedenen Organismen eine verschiedene ist, sondern die Eigenzeit, *die organische Zeit ist bei ihnen allen eine und dieselbe.*

Das Wachstum geschieht dann nach der Formel

$$y = c_0 \int_{-\infty}^{x} e^{-x^2} \cdot dx; \ldots\ldots \qquad \text{(Wachstum)}$$

$$x = c_1 \log t + c_2; \ldots\ldots \qquad \text{(Organische Zeit)}$$

wo t die physikalische, x die organische Zeit ist und c_0, c_1 und c_2 aus dem beobachteten Wachstum zu bestimmende Konstanten sind. (Bezüglich der speziellen Bedeutung dieser Konstanten siehe Backman 1942.)

Die organische Zeit ist also eine lineare logarithmische Funktion der physikalischen.»

In ihrer integrierten Form ist Backmans Wachstumsfunktion nichts Neues; sie ist nämlich das logarithmische Wahrscheinlichkeitsintegral.

Durch zahlreiche Wachstumsanalysen an Pflanzen und Bäumen, niederen und höheren Tieren sowie am Menschen ist Backman zu folgenden Wachstumsgesetzen gelangt:

Wird das Wachstum mit der Endlänge bzw. mit der organischen Zeit als Einheit gemessen, dann wachsen alle Organismen hinsichtlich ihres einzyklischen Wachstums (oder ihres Grundwachstums) identisch. Auffallend ist, dass, solcherweise ausgedrückt, u.a. die Geschlechtsreife bei allen Organismen beim selben organischen Alter $x = \sqrt{\frac{0}{2}}$ *eintritt und dass die Lebensdauer bei allen bis zum selben organischen Alter* $x = \sqrt{\frac{3}{2}}$ *dauert.*

Wenn Endgrösse und organische Zeit als Mass-Einheiten genommen werden, zeigen sich die drei Grundeigenschaften des Lebens, Wachstum, Reife und Lebensdauer, als streng gesetzmässig und einem einheitlichen Gesetz gehorchend: sie treten bei entsprechenden bestimmten Werten der organischen Zeit ein, eben an den Quantengrenzen (siehe unten).

Backman hat ferner gefunden, *dass der natürliche Geschwindigkeitslogarithmus gleich dem negativen Quadrat der organischen Zeit ist:*

$$ln\, h = -x^2.$$

Damit schliessen sich Backmans Wachstumsgesetze den grossen Naturgesetzen an, denn, wie Backman (1943 a) schreibt: »In einer logarithmischen Welt muss das Analogon zum Gesetz 'sich umgekehrt wie das Quadrat eines Parameters verhaltend', die Form 'sich negativ proportional zum Quadrat eines Parameters verhaltend' annehmen, weil bekanntlich der Logarithmus eines umgekehrten Wertes dem negativen Logarithmus des Wertes gleich ist.»

Wie oben erwähnt, tritt die Geschlechtsreife bei der organischen Zeit $x = \sqrt{\frac{0}{2}}$ ein, worauf die Lebensdauer bei der organischen Zeit $x = \sqrt{\frac{3}{2}}$ endigt. In einer

Arbeit über das Gewichtswachstum des Mannes nahm Backman (1940 a) ferner an, dass die Werte

$$x^2 = \frac{0}{2}, \frac{1}{2}, \frac{2}{2}, \frac{3}{2} \cdots \frac{n}{2}$$

eine besonders wichtige biologische Rolle spielten. Backman schreibt: »Es ist offensichtlich, dass ihre Differenz konstant ist und stets den Wert $\frac{1}{2}$ hat. *Diese Differenz definiere und benenne ich als Lebensquanten.*«

In einer Reihe von Untersuchungen (Backman 1939 d, 1940 a und b, Walander 1939, Backman 1941, 1942) über Wachstum und damit zusammenhängende Probleme ist ein Zusammenhang zwischen biologischem Geschehen und Lebensquanten gefunden worden, nämlich so, dass der Übergang von einem Lebensquantum zu einem folgenden, d. h. die Quantengrenze, mit ganz bestimmten Veränderungen zusammenzufallen scheint. Backman schreibt (1940 a): »Das Grundwachstum des *Körpers verläuft so, dass die organischen Zeiten* $x = \sqrt{0/2}$, $\sqrt{1/2}$, $\sqrt{2/2}$ und $\sqrt{3/2}$ *grossen biologischen Veränderungen, wie Reife, allgemeiner Senilität, absoluter Senilität und Tod entsprechen.*

Nachdem er früher der Ansicht gewesen war, die organische Zeit vor $x = \sqrt{\frac{0}{2}}$ habe eine unendliche Ausdehnung, mit einer unendlichen Anzahl von Lebensquanten, im Gegensatz zu den Verhältnissen nach $x = \sqrt{\frac{0}{2}}$, ist Backman (Bios 1943 a) nunmehr der Meinung, dass es auch nach links Quanten nur bis einschliesslich $x = -\sqrt{\frac{3}{2}}$ gibt, u. a. weil es nach rechts keine Quantengrenzen über $x = +\sqrt{\frac{3}{2}}$ gibt, da das Leben mit $x = +\sqrt{\frac{3}{2}}$ sein Ende nimmt.

Wie oben erwähnt, vollzieht sich das Wachstum in einer *S*-Kurve. Dies bedeutet, dass die Anwachsgeschwindigkeit die Form einer Glockenkurve hat, dass sie also zu einem Maximum ansteigt und dann ständig abfällt. Diese drei Perioden, zunehmende, maximale und abnehmende Geschwindigkeit, nannte Sachs (1874) »die grosse Periode». Backman (1931) schlug den Begriff »Wachstumszyklus» für die Integration der »grossen Periode», d. h. gerade für die typische *S*-förmige Wachstumskurve vor.

Auf Grund eigener und fremder Untersuchungen über das Wachstum stellt Backman (1943 a) fest: »*Alle Metazoen wachsen trizyklisch, wobei der dritte Zyklus der wichtigste des Lebens bzw. des postlarvalen oder des postfötalen Lebens ist. Nur bei den Säugetieren und beim Menschen lagert sich ein vierter, kurzdauernder Pubertätszyklus den anderen auf.*«

Aus dem oben Gesagten geht somit hervor, dass das Wachstum aller bisher analysierten Organismen sich nach denselben Gesetzen vollzieht und dass sich der dritte und biologisch wichtigste Zyklus, der Grundzyklus, sämtlicher Metazoen stets identifizieren bzw. homologisieren lässt, wobei jedenfalls in dieser Arbeit Backmans Wachstumsformel als »Schlüssel» diente.

Bezüglich der Wachstumsgesetze, des Wachstums und der damit zusammenhängenden Probleme verweise ich auf BACKMANS (1943 a) Monographie in *Bios*.

B. Allgemeine Methodik.

Bei der mathematischen Analyse der in dieser Untersuchung erhaltenen Wachstumskurven ist die BACKMANsche Wachstumsformel verwendet worden. Ich habe teils mit der Integralmethode und teils mit der Standardwachstumskurve gearbeitet, hauptsächlich jedoch mit der letzteren, da sie schnell für die Analyse genügend genaue Ergebnisse liefert (bezüglich der Methodik siehe BACKMAN 1939 b und 1943 a).

Die Schwierigkeit bei der Analyse liegt vor allem in dem mehrzyklischen Wachstum. Gewöhnlich sind gleichzeitig zwei Zyklen, mehr oder weniger ineinandergeschoben, im Ablauf begriffen, so dass es schwierig sein kann, den Beginn des zuletzt angefangenen Zyklus zu identifizieren. Die Lage dieses Ursprungspunktes ist also einer gewissen subjektiven Beurteilung unterworfen, ebenso auch die Grösse der zu den einzelnen Zyklen gehörenden Asymptoten.

Für die Feststellung des Beginns eines neuen Zyklus hat BACKMAN (1942, MS) eine Methode angegeben, die aber in dieser Arbeit nicht zur Anwendung gelangt ist, da die meisten Analysen bereits fertig vorlagen. Für die Bestimmung der Asymptotenwerte gibt es eine sehr exakte Methode, nämlich dass man mit der Wachstumsgeschwindigkeit rechnet, welche Methode auch in solchen Fällen sehr gute Resultate liefert, in denen das Wachstum vorzeitig unterbrochen worden ist. Bei direkter Rechnung mit dem Wachstum gibt es dagegen keine sichere Methode, sondern das bei der Analyse erhaltene Resultat ist ausschlaggebend. Einen gewissen Anhalt gibt es jedoch.

Wie EDLÉN (1937) gezeigt hat, wächst D.M. dreizyklisch, wobei der ovuläre Zyklus als abgeschlossen gelten kann, wenn sich das Ei vom Eierstock gelöst hat und in der Eikammer auftritt. Die Asymptote ist hier gleich der Eigrösse. In der Eikammer erfolgt nun das Wachstum mit dem embryonalen Zyklus, dessen organischer Zeitwert $x = \sqrt{\frac{3}{2}}$ im allgemeinen zwischen den physikalischen Zeiten 6 und 9 Tage erreicht wird. Ein oder mehrere Tage nach der Geburt, je nach den Milieuverhältnissen, beginnt dann der dritte Zyklus oder der Grundzyklus, der das ganze Leben über dauert und also den Schluss des embryonalen Zyklus deckt.

Mit Hilfe der observierten Wachstumsdaten lässt sich nun die Grösse der beiden übrigen Asymptoten, I_2 und I_3, bestimmen. Die beobachtete Endgrösse, E, ist nämlich die Summe von I_1 und I_2, vermehrt um 95,84 % von I_3. Bei der Pubertät ist ferner die organische Zeit $x = \sqrt{\frac{0}{2}}$ des Grundzyklus, d. h. der halbe Asymptotenwert des Grundzyklus erreicht, und gleichzeitig hat der Embryonalzyklus seine Asymptote erreicht. Ausgehend von der beobachteten Endgrösse, E, und dem bei

der Pubertät beobachteten Wachstumswert, $y_{0.5}$, lässt sich nun folgende Gleichung aufstellen:

$$(E-I_1-I_2)\cdot 1{,}0434=I_3=2\,(y_{0.5}-I_1-I_2)\ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

wobei

$$I_2=2{,}091\ y_{0.5}-I_1-1{,}091\ E \qquad \ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

Hierdurch ist der Asymptotenwert des Embryonalzyklus festgestellt und damit auch der zum Grundzyklus gehörende Asymptotenwert I_3.

Zur Gewinnung der für die theoretische Wiedergabe des Grundzyklus notwendigen Konstanten geht man von folgendem Gleichungssystem aus:

$$\left.\begin{aligned} 1{,}2247 &= c_1 \log t_d + c_2 \\ 0 &= c_1 \log t_{0.5} + c_2 \end{aligned}\right\}, \text{ woraus}$$

$$c_1 = \frac{1{,}2247}{\log t_d - \log t_{0.5}} \text{ und}$$

$$c_2 = -c_1 \log t_{0.5}, \text{ wobei}$$

t_d die Lebensdauer und $t_{0.5}$ die Zeit des Eintritts der Pubertät ist, beide vom Nullpunkt des Grundzyklus aus gerechnet.

Die zum Embryonalzyklus gehörenden Konstanten bekommt man entweder durch die »Methode der kleinsten Quadrate» (Backman 1939 a) oder, wenn der Asymptotenwert bekannt ist, durch Berechnung aus folgendem Gleichungssystem:

$$\left.\begin{aligned} x_1 &= c_1 \log t_1 + c_2 \\ x_2 &= c_1 \log t_2 + c_2 \end{aligned}\right\},$$

wo man das betreffende x dadurch erhält, dass man den zu dem betreffenden Zeitpunkt beobachteten Wachstumswert durch I_2 dividiert und entweder aus der Integraltabelle oder der Standardwachstumskurve den entsprechenden x-Wert nimmt. Diese letztere Methode ist im allgemeinen angewandt worden.

Aus den Gleichungen geht hervor, dass c_1 immer positiv, c_2 oft negativ ist. Die Konstante c_2 nimmt einen positiven Wert an, wenn $t_{0.5}$ bei $t<1$ liegt. Diese Eventualität ist jedoch in meinen Fällen nie eingetreten. Die dritte Konstante wird aus

$$I=c_0\sqrt{\pi}$$

erhalten.

Auf diese Weise sind sämtliche beobachteten Wachstumskurven mit Ausnahme derjenigen, wo das Wachstum zu stark gestört war oder der Tod allzu früh eintrat, analysiert worden, abgesehen von den Gruppen $L_{17p}M$ und $M_{14p}L$ (bezüglich dieser Gruppen siehe unten). Doch ist bei Berechnung der Konstanten in gewissen Fällen, in denen die Observationen, und in anderen Fällen die Umstände, erkennen liessen, dass vorzeitiger Tod vorlag, die Annahme gemacht worden, dass der Tod an einer früheren Quantengrenze eingetreten ist (die Gründe hierfür siehe unten S. 54 und 76). In diesen Fällen ist dann der entsprechende organische Zeitwert, $\sqrt{\frac{1}{2}}$, $\sqrt{\frac{2}{2}}$, in die Gleichung eingesetzt worden, worauf die Konstanten in der gewohnten Weise berechnet wurden.

C. Spezielle Methodik.

In den Gruppen $L_{17p}M$ und $M_{14p}L$ hat die Milieuveränderung eine starke Veränderung des Wachstums bedingt, so dass eine Analyse in der gewohnten Weise nicht möglich war. Hier musste die Berechnung der Konstanten in zwei Etappen erfolgen.

Um die Konstanten für den ersten Teil der Kurve, d. h. bis zur Pubertät, wo die Milieuveränderung vollzogen wurde, zu erhalten, wird zuerst der Asymptotenwert I_3 berechnet. Diesen findet man durch Verdoppelung des bei $t_{0.5}$ beobachteten Wachstumswertes nach Subtraktion von $I_1 + I_2$. Mit der Methode der kleinsten Quadrate werden dann die Konstanten mit Hilfe folgender Formel berechnet:

$$\left.\begin{aligned} c_2 &= -c_1 \log t_{0.5} \\ x &= c_1 \log t + c_2 \end{aligned}\right\}$$

wo x dadurch erhalten wird, dass man den in der Zeit t beobachteten Wachstumswert durch I_3 dividiert, $\frac{Y}{I_3} = y$, und in der Integraltabelle den y entsprechenden x-Wert aufsucht (kann auch direkt aus der Standardwachstumskurve erhalten werden).

Tauscht man dann c_2 in der zweiten Gleichung gegen $-c_1 \log t_{0.5}$ aus, so erhält man $0 = c_1(\log t - \log t_{0.5}) - x$, wo $(\log t - \log t_{0.5}) = z$ gesetzt wird. Die Gleichung hat dann folgendes Aussehen:

$$c_1 z - x = 0.$$

Nun soll $\sum(c_1 z - x)^2$, *d. h.* $c_1^2 \sum z^2 + \sum x^2 - 2c_1 \sum zx = \text{Min.}$ Nach Derivation findet man:

$$2c_1 \Sigma z^2 - 2\Sigma x^2 = 0 \text{ und } c_1 = \frac{\Sigma xz}{\Sigma z^2}$$

Um den zweiten Teil der Kurve zu erhalten, berechnet man die Konstanten ähnlich:

$$\left.\begin{aligned} c_2 &= 1{,}2247 - c_1 \log t_d \\ x &= c_1 \log t + c_2 \end{aligned}\right\}$$

$$\begin{aligned} x &= c_1 \log t + 1{,}2247 - c_1 \log t_d \\ x &= c_1(\log t - \log t_d) + 1{,}2247;\ (\log t - \log t_d) = z;\ 1{,}2247 = b \end{aligned}$$

$\sum(c_1 z + b - x)^2$, d. h. $c^2{}_1 \sum z^2 + nb^2 + \sum x^2 + 2bc_1 \sum z - 2b \sum x - 2c_1 \sum xz = \text{Min.}$

Nach Derivation und Reduktion der Gleichung bekommt man:

$$c_1 = \frac{\Sigma xz - b\,\Sigma z}{\Sigma z^2}.$$

Nach Feststellung des ersten Teils der Kurve mittels der Methode der kleinsten Quadrate kann der zweite Kurventeil auch folgendermassen berechnet werden:

$$\left.\begin{aligned} 1{,}2247 &= c_1 \log t_d + c_2 \\ x &= c_1 \log t + c_2 \end{aligned}\right\}$$

$$1{,}2247 - x = c_1 (\log t_d - \log t);\ c_1 = \frac{1{,}2247 - x}{\log t_d - \log t},$$

wo man x aus dem in der Zeit t beobachteten Wachstumswert auf die oben angegebene Weise erhält. Welche Methode angewandt wird, ist gleichgültig, da beide dasselbe Ergebnis liefern, die letztere jedoch schneller.

Bei der Berechnung der Konstanten in den Gruppen $L_{17p}M$ und $M_{14p}L$ ist ebenso wie in den anderen Gruppen in gewissen Fällen Rücksicht auf vorzeitigen Tod genommen und der entsprechende organische Zeitwert in die Gleichung eingesetzt worden. In der Gruppe $L_{17p}M$ hat dies Schwierigkeiten bereitet, da in einer grossen Zahl von Fällen die Todesursache nicht bekannt war, man aber trotzdem annehmen musste, dass das Versuchstier vorzeitig gestorben war. In ein paar Fällen war es unverkennbar (siehe Haupttabelle III, S. 96), dass der Tod vorzeitig eingetreten war, da beim Tode kräftige Eierstöcke beobachtet worden waren. In den übrigen Fällen ist es weniger klar, doch geht aus den Wachstumskurven hervor, dass die Wachstumsgeschwindigkeit nicht auf die niedrigen Werte abgesunken ist, wie man sie normalerweise sieht, wenn sich die Versuchstiere dem Lebensende nähern. Ausserdem zeigte es sich bei der Analyse, dass eine gute Wiedergabe überhaupt nicht möglich war, soweit man in diesen Fällen nicht einen vorzeitigen Tod annahm (siehe Abb. 25, S. 71).

D. Ergebnisse.

In den Haupttabellen VII—XII a u. b (S. 102—117) sind die den Quantengrenzen $x = -\sqrt{\frac{1}{2}}$, $x = \sqrt{\frac{0}{2}}$, $x = \sqrt{\frac{1}{2}}$, $x = \sqrt{\frac{2}{2}}$ und $x = \sqrt{\frac{3}{2}}$ entsprechenden physikalischen Zeitwerte angegeben, nämlich t_{-1}, $t_{0.5}$, t_1, t_2 und t_3 oder t_d, ferner das Geschwindigkeitsmaximum h_m und dessen Zeit t_m, die Nullpunkte des Embryonal- und des Grundzyklus, $t_{0.2}$ und $t_{0.3}$, sowie ausserdem die Durchschnittsparameter der einzelnen Gruppen und schliesslich die einzelnen Konstanten und Asymptotenwerte. Diese letzteren Werte finden sich in den Tabellen 5 und 6 (S. 49). Die eingeklammerten Werte in den Tabellen sind rein theoretisch und sind in denjenigen Fällen erhalten worden, in denen die Versuchstiere vorzeitig gestorben waren, oder aber, wie in den Gruppen $L_{17p}M$ und $M_{14p}L$, bei der doppelten Analyse der beiden Kurvenhälften. Bei der Berechnung der Parameter der Gruppenkurven sind diese theoretischen Werte mitbenutzt worden. In einer Reihe von Fällen mit stark gestörtem Wachstum war keine Analyse möglich, weshalb die betreffenden Fälle ausgeschlossen worden sind.

TABELLE 5.

	Zyklus I	Zyklus II				Zyklus III			
	I_1	c_0	c_1	c_2	I_2	c_0	c_1	c_2	I_3
L_k	0,31	0,5078	2,9305	1,5575	0,90	2,0198	1,3239	1,2098	3,58
M_k	0,30	0,7052	3,0896	1,8364	1,25	2,2511	1,3155	1,0815	3,99
$L_{5g}\,M—L_8\,M$	0,32	0,4852	3,7304	2,3405	0,86	2,4204	1,1449	0,9323	4,29
$L_{17p}\,M$	0,28	0,4344	3,0314	1,5757	0,77	(1,9690) 2,5614	1,4468 1,4468	1,3736 1,6126	(3,49) 4,54
$M_{4g}\,\mathrm{L}—\mathrm{M}_{10}\,L$	0,31	0,5303	3,7000	2,0132	0,94	2,0762	1,3793	1,2749	3,68
$M_{14p}\,\mathrm{L}$	0,31	0,6488	3,5031	2,0311	1,15	(2,2116) 2,0875	1,3696 1,3696	1,1402 1,2537	(3,92) 3,70
LML	0,28	0,5078	2,8534	1,3514	0,90	2,2624	1,1633	1,0612	4,01
MLM	0,31	0,4683	3,2824	1,3065	0,83	2,5840	1,3491	1,3720	4,58

TABELLE 6.

	Zyklus II								Zyklus III							
	$t_{0.2}$	t_{-1}	$t_{0.5}$	t_1	t_2	t_3	t_m	h_m	$t_{0.3}$	t_{-1}	$t_{0.5}$	t_1	t_2	t_d	t_m	h_m
L_k	0	2,0	3,4	5,9	7,5	8,9	2,5	0,22	5,7	8,1	13.9	33,8	52,4	74,7	8,1	0,29
M_k	0	2,3	3,9	6,7	8,3	9,8	3,0	0,28	5,7	7,6	12,3	28,6	43,9	62,3	7,1	0,42
$L_{5g}\,M—L_8\,M$	0	2,7	4,2	6,6	7,9	9,0	3,5	0,20	7,5	9,1	14,0	34,5	56,2	84,1	8,4	0,51
$L_{17p}\,\mathrm{M}$	0	1,9	3,3	5,7	7,1	8,4	2,5	0,20	5,4 5,4	8,3 (9,6)	14,3 18,4	(32,8) 45,5	(49,4) 69,3	(67,9) 96,8	7,9 9,1	0,26 0,23
$M_{4g}\,L—M_{10}\,L$	0	2,3	3,5	5,4	6,5	7,5	2,9	0,27	6,8	9,4	15,2	34,2	53,4	71,7	8,9	0,30
$M_{14p}\,\mathrm{L}$	0	2,4	3,8	5,9	7,3	8,5	3,1	0,26	6,0 6,0	8,1 (8,5)	12,8 (14,2)	(28,3) 33,0	(42,5) 50,2	(59,3) 70,5	7,7 8,0	0,39 0,31
LML	0	1,7	3,0	5,3	6,7	8,1	2,2	0,26	4,7	6,7	12,8	37,8	63,8	96,9	5,9	0,37
MLM	0	1,5	2,5	4,1	5,0	5,9	2,0	0,30	3,3	6,4	13,7	38,1	60,6	87,4	5,6	0,30

TABELLE 7.

	L_k	M_k	$L_{5g}\,M—L_8\,M$	$L_{17p}\,M$	$M_{4g}\,L—M_{10}\,L$	$M_{14p}\,L$	LML	MLM
Endgrösse: theoret.	4,64	5,37	5,29	5,40	4,78	5,01	5,02	5,44
Endgrösse: beob.	4,59	5,35	5,24	5,20	4,68	4,96	4,97	5,44
Lebenslänge: theor.	74,7	62,3	84,1	96,8	71,7	70,5	96,9	87,4
Lebenslänge: beob.	73,8	62,0	79,5	79,2	64,6	62,7	89,7	80,7

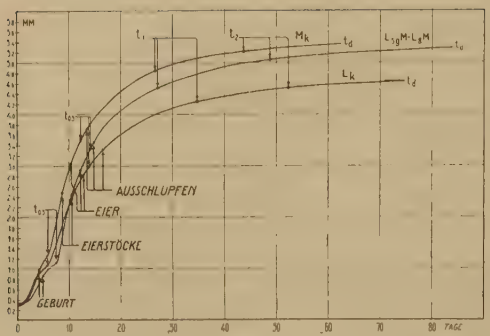

Abb. 9.

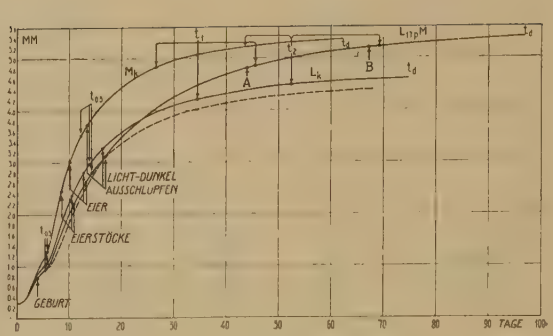

Abb. 10.

Abb. 9. Durchschnittswachstum der Gruppe $L_{5g}M$—L_8M, zusammengestellt mit dem Durchschnittswachstum der Gruppen M_k und L_k, nebst gewissen biologischen und theoretischen Daten.
Abb. 10. Durchschnittswachstum der Gruppe $L_{17p}M$, zusammengestellt mit dem Durchschnittswachstum der Gruppen M_k und L_k, nebst gewissen biologischen und theoretischen Daten. A = durchschnittl. Lebensdauer der ersten Gruppe vorzeitig gestorbener Tiere, B = durchschnittl. Lebensdauer der zweiten Gruppe vorzeitig gestorbener.

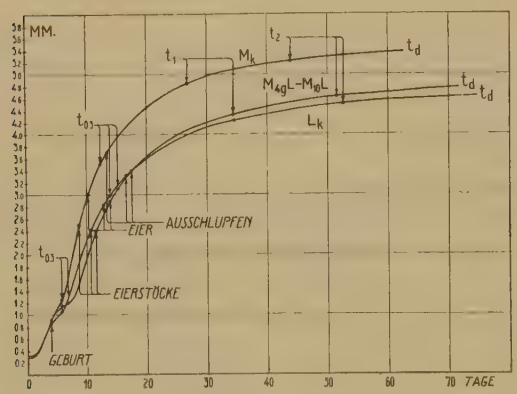

Abb. 11.

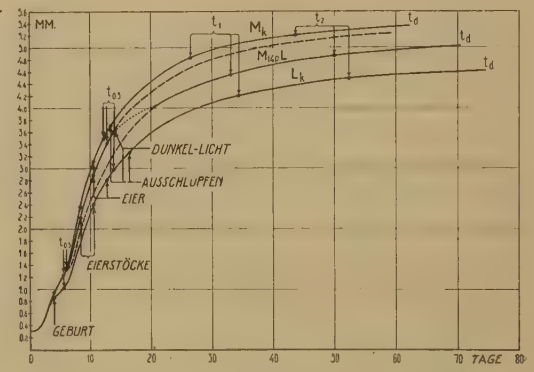

Abb. 12.

Abb. 11. Durchschnittswachstum der Gruppe $M_{4g}L$—$M_{10}L$, zusammengestellt mit dem Durchschnittswachstum der Gruppen M_k und L_k, nebst gewissen biologischen und theoretischen Daten.
Abb. 12. Durchschnittswachstum der Gruppe $M_{14p}L$, zusammengestellt mit dem Durchschnittswachstum der Gruppen M_k und L_k, nebst gewissen biologischen und theoretischen Daten.

Der Verlauf der Gruppenkurven ist nicht mit der allgemein üblichen Methode bestimmt worden, bei der das Mittel der in jeder Zeit beobachteten Wachstumswerte sämtlicher Kurven der Durchschnittskurve zugrunde gelegt wird, sondern mittels eines ganz anderen Verfahrens. Ausgehend von den bei der Analyse der einzelnen Kurven erhaltenen Werte für die Asymptoten der betreffenden Zyklen, I_1, I_2 und I_3, sowie von den Werten für $t_{0,5}$ und t_3 bzw. t_d im zweiten und dritten Zyklus sowie dem Nullpunkt des Grundzyklus, $t_{0,3}$, sind die Durchschnittswerte dieser Parameter berechnet worden. Dann wurden mittels der auf S. 46 angegebenen Formel die zum Embryonalzyklus bzw. zum Grundzyklus gehörenden Konstanten berechnet,

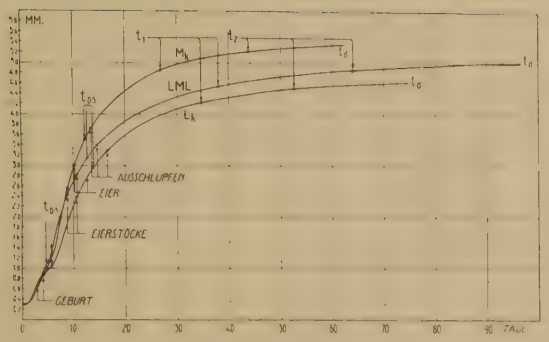

Abb. 13.

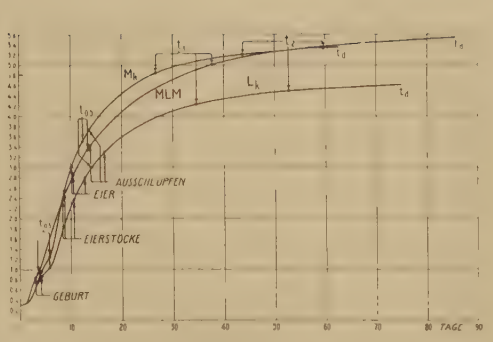

Abb. 14.

Abb. 13. Durchschnittswachstum der Gruppe LML, zusammengestellt mit dem Durchschnittswachstum der Gruppen M_k und L_k, nebst gewissen biologischen und theoretischen Daten.
Abb. 14. Durchschnittswachstum der Gruppe MLM, zusammengestellt mit dem Durchschnittswachstum der Gruppen M_k und L_k, nebst gewissen biologischen und theoretischen Daten.

worauf die betreffende theoretische Durchschnittskurve mit Hilfe der Konstanten in der gewohnten Weise ermittelt werden konnte. Die dabei erhaltenen Werte sind in den Tabellen 5, 6 und 7 (S. 49) aufgeführt, und der Verlauf der einzelnen Gruppenkurve ist in den Abbildungen 9—14 (S. 50 u. 51) veranschaulicht.

Diese Methode zur Berechnung von Durchschnittskurven für das Wachstum ist als die einzig richtige anzusehen, *da auf Grund der oben angegebenen Wachstumsgesetze Vergleiche zwischen verschiedenen Individuen nur bei denselben organischen Zeiten zulässig sind, weshalb, wie es hier geschehen ist, auch die Durchschnittskurven auf diese bezogen werden müssen.*

Die sonst allgemein gebräuchliche Methode, bei der Durchschnittswerte bei gleicher physikalischer Zeit gebildet werden, stellt biologisch ungleichwertige Dinge nur deshalb gleich, weil sie bei gleicher physikalischer Alterszahl auftreten. In extremum kann es also vorkommen, dass man die Entwicklung eines Individuums beim Eintritt der Geschlechtsreife mit derjenigen eines anderen beim Eintritt des physiologischen Todes vergleicht. Nur in Ausnahmefällen drücken dieselben physikalischen Zeiten bei verschiedenen Individuen dieselbe organische Zeit aus. Der sprunghafte Verlauf, den solche Durchschnittskurven in ihrem zweiten Teil zeigen, rührt gerade davon her, dass nach und nach verschiedene Individuen ausfallen, dass also der Durchschnitt in der Folge nicht mehr aus dem Gesamtmaterial, sondern aus stetig wechselnden Subgruppen gewonnen wird. *Bei der hier eingeführten Technik zur Berechnung des durchschnittlichen Verlaufs wird das Gesamtmaterial zur Berechnung des gesamten Verlaufs benutzt, die grossen biologischen Ereignisse, wie Geschlechtsreife und Tod, sammeln sich für alle Individuen in einem und demselben Punkt der Durchschnittskurve. Auf diese Weise gewinnt man m. E., da die organische Zeit in allen Punkten die Grundlage des Kurvenverlaufs bildet, einen biologisch richtigen Ausdruck für das wahre durchschnittliche Wachstum der Population,* wie ihn die übliche arithmetische Mittelwertbildung bei gleichem physikalischen Alter niemals bieten kann (siehe Abb. 15, S. 52).

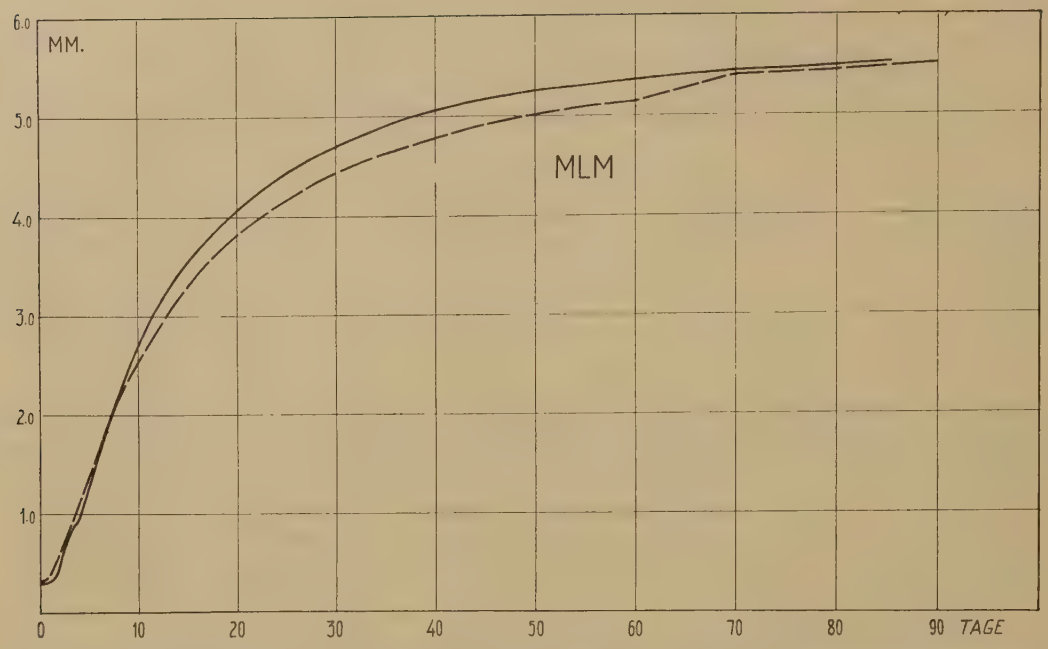

Abb. 15. Das nach dem in Text angegebenen Verfahren berechnete Durchschnittswachstum der Gruppe *MLM* (ausgezogene Linie), verglichen mit dem nach dem sonst üblichen Verfahren berechneten durchschnittlichen Wachstum (gestrichelte Linie).

Der Vergleich zwischen dem Verlauf der theoretischen und der beobachteten Kurve zeigt die sehr gute Übereinstimmung, unabhängig davon, ob bei Berechnung der Konstanten im Einzelfall die Lebensdauer bis zur organischen Zeit $x=\sqrt{\frac{3}{2}}$ oder bis zu einer früheren Quantengrenze berechnet worden ist (siehe Abb. 16—21, S. 53), oder ob, wie in den Gruppen $L_{17p}M$ und $M_{14p}L$, ein anderes Verfahren angewandt wurde (siehe Abb. 24—26, S. 71).

Es ist also klar, dass sich die Wachstumsfunktion ausserordentlich gut für die Wiedergabe beobachteter Daten eignet. Ferner zeigt die Analyse, dass man, wenn man von $x=\sqrt{\frac{3}{2}}$ als dem physiologischen Endpunkt der organischen Zeitfolge, und evtl. von $x=\sqrt{\frac{2}{2}}$ oder $x=\sqrt{\frac{1}{2}}$ ausgeht, in sämtlichen Fällen eine so gute Übereinstimmung erhält, *dass* $x=\sqrt{\frac{3}{2}}$ *als der wirkliche Endpunkt der Lebensdauer angesehen werden muss.* In extremen Fällen mit sehr langer Lebensdauer war in keinem Falle eine gute Wiedergabe möglich, wenn man von der Annahme ausging, das physiologische Lebensende liege bei der organischen Zeit $x=\sqrt{\frac{4}{2}}$, da nämlich die theoretische Kurve bei diesen Fällen dann stets im Anfang zu hoch lag. Wurde

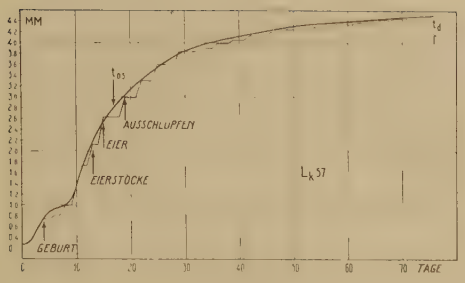

Abb. 16.

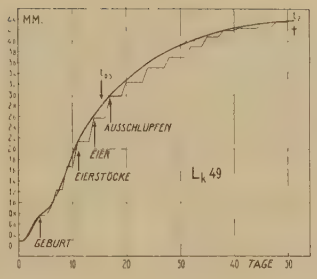

Abb. 17.

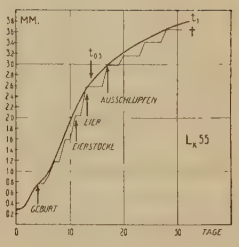

Abb. 18.

Abb. 16. Beobachtetes und theoretisches Wachstum des Versuchstieres $L_k 57$; bei der theoretischen Berechnung wurde angenommen, dass die physikalische Zeit beim Eintritt des Todes der organischen Zeit $x = \sqrt{\frac{3}{2}}$ entspricht.

Abb. 17. Beobachtetes und theoretisches Wachstum des Versuchstieres L_k 49; bei der theoretischen Berechnung wurde angenommen, dass die physikalische Zeit beim Eintritt des Todes der organischen Zeit $x = \sqrt{\frac{2}{2}}$ entspricht.

Abb. 18. Theoretisches und beobachtetes Wachstum des Versuchstieres L_k 55; bei der theoretischen Berechnung wurde angenommen, dass die physikalische Zeit beim Eintritt des Todes der organischen Zeit $x = \sqrt{\frac{1}{2}}$ entspricht.

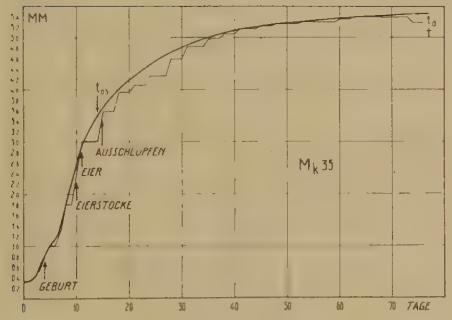

Abb. 19.

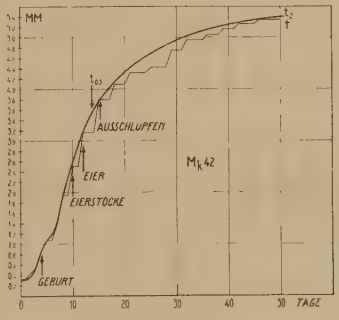

Abb. 20.

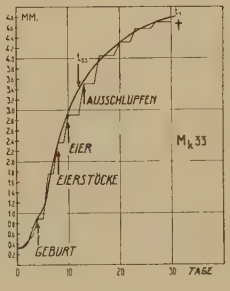

Abb. 21.

Abb. 19. Beobachtetes und theoretisches Wachstum des Versuchstieres M_k 35; bei der theoretischen Berechnung wurde angenommen, dass die physikalische Zeit beim Eintritt des Todes der organischen Zeit $x = \sqrt{\frac{3}{2}}$ entspricht.

Abb. 20. Beobachtetes und theoretisches Wachstum des Versuchstieres M_k 42; bei der theoretischen Berechnung wurde angenommen, dass die physikalische Zeit beim Eintritt des Todes der organischen Zeit $x = \sqrt{\frac{2}{2}}$ entspricht.

Abb. 21. Beobachtetes und theoretisches Wachstum des Versuchstieres M_k 33; bei der theoretischen Berechnung wurde angenommen, dass die physikalische Zeit beim Eintritt des Todes der organischen Zeit $x = \sqrt{\frac{1}{2}}$ entspricht.

in diesen Fällen $x = \sqrt{\frac{3}{2}}$ zum Ausgangspunkt für die Berechnung der Konstanten gewählt, so lag die theoretische Kurve am Ende zu hoch, weshalb man hier eine gewisse Hemmung des Wachstums annehmen musste. Die hierbei vorgenommene Erhöhung des Endwertes ist jedoch sehr mässig, wie der Vergleich zwischen theoretischen und beobachteten Werten erkennen lässt (siehe Tab. 7, S. 49). In sämtlichen Gruppen, von $L_{17p}M$ abgesehen, wo die Verhältnisse anders liegen, beträgt die Zunahme der Endgrösse 1—2 %, und zwar beruht diese Zunahme grösstenteils auf den Fällen, die vorzeitig starben, und rührt von dem Wachstum her, das bis $x = \sqrt{\frac{3}{2}}$ fortgedauert haben würde, falls nicht der vorzeitige Tod eingetreten wäre. Die stärkere Zunahme in Gruppe $L_{17p}M$, etwa 4 %, hat denselben Grund, doch ist hier zu beachten, dass bei der Berechnung der beobachteten Endgrösse, trotzdem bei einem grossen Prozentsatz der Versuchstiere die Todesursache *unbekannt* war, bei der Analyse doch vorzeitiger Tod angenommen werden musste, weshalb dieses Verhältnis bei der theoretischen Berechnung um so stärker in Erscheinung tritt.

Vergleicht man die theoretischen und die beobachteten Werte der Gruppen L_k und M_k, also der Kontrollgruppen, die in gleichbleibenden Umweltverhältnissen gelebt haben (siehe Abb. 7 und Tab. 7, S. 36 u. 49), so tritt die gute Übereinstimmung, ja Identität mit aller Deutlichkeit zutage. Da die beobachteten Werte auf eine bestimmte Weise berechnet sind, nämlich unter Ausschluss der Fälle, in denen der Tod vorzeitig eintrat, und die theoretischen auch die fraglichen Fälle umfassten, soweit nicht der Tod so früh eintrat, dass keine Analyse möglich war, muss man zu dem Schluss kommen, *dass diejenigen Fälle, die der Berechnung der beobachteten Daten zugrunde liegen, wirklich einen physiologischen Tod gestorben und dass die übrigen an einer früheren Quantengrenze gestorben sind. Damit ist wahrscheinlich gemacht, dass die Passage dieser positiven Quantengrenzen von* $x = \sqrt{\frac{0}{2}}$ *an eine auf die Zeit der Quantengrenzen beschränkte Schwächung der Lebenstauglichkeit bedeutet* (siehe Näheres unten).

In den übrigen Gruppen, die sämtlich einer plötzlichen Milieuveränderung unterworfen worden sind, ist, wie oben erwähnt wurde, die Übereinstimmung zwischen theoretischer und beobachteter *Endgrösse* gut, abgesehen von Gruppe $L_{17p}M$. Was die *Lebensdauer* betrifft, ist dagegen der theoretisch gefundene Wert grösser als der beobachtete, und zwar wechselt diese Zunahme, doch ist sie in sämtlichen Gruppen, ausser in $L_{17p}M$, etwa von derselben Grössenordnung, nämlich 6—12 %. Da in sämtlichen Fällen die Berechnung nach denselben Prinzipien wie bei den Gruppen L_k und M_k erfolgt ist und die Endgrösse dieselbe Übereinstimmung wie bei diesen Gruppen zeigt, muss auch hier derselbe Schluss gezogen werden, dass nämlich *der erhaltene theoretische Wert die wirkliche physiologische Lebensdauer* angibt. Die Diskrepanz zwischen dem theoretischen und dem beobachteten Wert muss also darauf beruhen, dass eine in den einzelnen Versuchsgruppen wechselnde Anzahl von Tieren mit unbekannter Todesursache (0-Gruppe) doch vorzeitig gestorben ist,

wodurch sich der beobachtete Durchschnittswert mehr oder weniger stark erniedrigt (vgl. unten Sterblichkeit und Quantengrenzen sowie mittlere Lebensdauer).

Es ist auch unverkennbar, dass sich das Verhältnis der Gruppen untereinander, $L_{17p}M$ und $L_{5g}M$—L_8M ausgenommen, nicht verändert hat. Dass die theoretischen Werte wirklich zuverlässig sind und die oben formulierte Schlussfolgerung erlauben, zeigen die Verhältnisse in Gruppe $M_{14p}L$, wo die Berechnung in zwei Etappen erfolgt ist. Der rein theoretische Wert der Lebensdauer, der aus dem ersten Teil der Kurve bis zur Pubertät gefunden wurde, der also einem fortgesetzten Wachstum im Dunkel entspricht, ist 59,3 Tage. Die Lebensdauer der Gruppe M_k ist 62 ± 3 Tage, so dass der oben angegebene theoretische Wert somit innerhalb der Fehlergrenzen liegt, also eine sehr gute Übereinstimmung. Dasselbe gilt in bezug auf die Endgrösse, die bei der Gruppe M_k $5{,}35 \pm 0{,}06$ mm und bei der Gruppe $M_{14p}L$ 5,22 mm, theoretisch aus der ersten Kurvenhälfte berechnet, ist, so dass der letztere Wert also innerhalb der Fehlergrenzen bleibt.

Die Gruppe $L_{17p}M$ bildet, wie gerade gezeigt wurde, eine Ausnahme. Eine nähere Analyse der Verhältnisse ergibt jedoch folgendes: 1) Die theoretisch gefundene Lebensdauer, 96,8 Tage, ist dieselbe wie die der Gruppe LML, deren theoretische Lebensdauer 96,9 Tage ist. 2) Die aus der ersten Kurvenhälfte berechnete theoretische Lebensdauer, d. h. die Lebensdauer, die erreicht worden wäre, wenn die Versuchsgruppe die ganze Zeit im Licht gelebt hätte, ist 67,9 Tage, *also von derselben Grössenordnung wie bei der Gruppe* L_k, $73{,}8 \pm 1{,}5$ Tage, eine in Anbetracht der wenigen Daten, die bei der Analyse zur Verfügung standen (siehe Tab. 6, S. 49), sehr gute Übereinstimmung. Der gefundene theoretische Wert der Lebensdauer ist zweifellos zu niedrig, weshalb der oben angegebene Wert der Lebensdauer wohl als ein Mindestwert anzusehen sein dürfte. Einen gewissen Beleg hierfür bietet die folgende Überlegung:

Bei den ältesten Tieren in Gruppe $L_{17p}M$ ist die mittlere Lebensdauer 104,9 Tage. Wenn wir annehmen, dass dieser Wert die physiologische Lebensdauer der ganzen Gruppe repräsentiert, und nach Abzug des Wertes für $t_{0.3}$, 5,4 Tage, wobei der Grundzyklus den Wert 99,5 Tage erhält, den c_1-Wert, der aus dem ersten Teil der Kurve gefunden worden ist, 1,4468, in die Gleichung

$$1{,}2247 = c_1 \log t_d + c_2$$

einsetzen, so findet man $c_2 = -1{,}6657$, d. h. einen Wert, der numerisch etwas über dem bei der direkten Analyse erhaltenen liegt. Untersuchen wir nun, wo t_2 liegt, d. h. der physiologische Zeitwert, welcher der organischen Zeit $x = \sqrt{\frac{2}{2}}$ entspricht, so finden wir den Wert 69,6 Tage, der zuzüglich des Wertes für $t_{0.3} = 5{,}4$ Tage sich auf 75 Tage erhöht, was also praktisch identisch derselbe Wert ist wie in der L_k-Gruppe. Dass dies kein Zufall ist, lassen die bei der direkten Analyse gefundenen Werte (siehe Tab. 6, S. 49) erkennen. Dort ist der rein theoretische, aus der ersten Kurvenhälfte berechnete Wert der Lebensdauer 67,9 Tage, während t_2, aus der zweiten Hälfte der Kurve berechnet, 69,3 Tage ist.

3) Die theoretisch gefundene Endgrösse, 5,40 mm, ist von derselben Grössenordnung wie in der Gruppe *MLM*, wo der entsprechende Wert 5,44 mm ist, d. h. *der Gruppe, die, vom Leben im Dunkel bis zur Geburt abgesehen, durchschnittlich bis zur Pubertät im Licht gelebt hat* (bezüglich der Zusammensetzung der Gruppen *LML* und *MLM* siehe oben S. 23).

Diese Analyse zeigt also, dass die Gruppe $L_{17p}M$ derselben Regel gehorcht wie die übrigen Gruppen und *dass auch hier die durch die mathematische Berechnung gefundenen Werte zufriedenstellend die physiologische Lebensdauer angeben.* (Siehe auch Abb. 10, S. 50).

Welchen Zusammenhang findet man nun zwischen den biologischen Daten und den theoretisch berechneten Parametern, speziell den Quantengrenzen?

In einer Arbeit über das Wachstum von Moina rectoristris konnte Walander (1939) zeigen, dass die Jungen dann schlüpften, wenn der Embryonalzyklus den organischen Zeitwert $x = \sqrt{\frac{0}{2}}$ passierte. Diese seine Feststellung wird durch die vorliegende Untersuchung bestätigt, da in sämtlichen beobachteten Fällen die Jungen schlüpften, wenn $t_{0.5}$ des Embryonalzyklus erreicht war. Folgende Übersicht veranschaulicht dies.

Tabellarische Aufstellung gewisser Zeiten des Embryonalzyklus, in Tagen vom Zeitpunkt des Eintritts der Eier in die Eikammer, nämlich der maximalen Geschwindigkeit (t_m), sowie des halben Endwertes ($t_{0.5}$) des Zyklus und des Ausschlüpfens.

	L_k	M_k	$L_{5g}\,M$—$L_8\,M$	$L_{17p}\,M$	$M_{4g}\,L$– $M_{10}\,L$	$M_{14p}\,L$	LML	MLM
t_m	2,5	3,0	3,5	2,5	2,9	3,1	2,2	2,0
$t_{0.5}$	3,4	3,9	4,2	3,3	3,5	3,8	3,0	2,5
Ausschlüpfen	4,0	4,0	5,0	4,0	4,0	4,0	3,0	3,0

Die Unterschiede zwischen $t_{0.5}$ und dem Zeitpunkt des Ausschlüpfens dürften wegen der Schwierigkeit, das embryonale Wachstum exakt zu beobachten, auf die weniger gute Analyse des embryonalen Zyklus zurückzuführen sein. Die Übereinstimmung erscheint mir jedoch gut. Der Zeitpunkt für das Eintreten des Geschwindigkeitsmaximums ist ebenfalls in der Übersicht aufgeführt, da Edlén (1938) zeigen zu können meinte, dass die Tiere bei diesem Zeitpunkt der Maximalgeschwindigkeit schlüpften. Wie aus der obigen Tabelle hervorgeht, ist der Zusammenhang mit der Zeit des halben Endwertes jedoch deutlicher.

Für die übrigen zum Embryonalzyklus gehörenden Quantengrenzen hat sich kein Zusammenhang mit anderen biologischen Ereignissen ablesen lassen. Möglicherweise besteht jedoch eine gewisse Korrelation zwischen t_1 aus dem Embryonalzyklus und $t_{0.3}$ oder dem Anfang des Grundzyklus, wie aus der nachstehenden Übersicht hervorgeht.

Zeit in Tagen für t_1 des Embryonalzyklus und $t_{0.3}$ des Grundzyklus, beide vom Zeitpunkt des Eintritts der Eier in die Eikammer an gerechnet.

	L_k	M_k	$L_{5g}M$—L_8M	$L_{17p}M$	$M_{4g}L$—$M_{10}L$	$M_{14p}L$	LML	MLM	
t_1	5,9	6,7	6,6	5,7	5,4	5,9	5,3	4,1	Embryonal-zyklus
$t_{0.3}$	5,7	5,7	7,5	5,4	6,8	6,0	4,7	3,3	Grundzyklus

Was den Grundzyklus betrifft, hat sich in sämtlichen analysierten Fällen die Feststellung Backmans, dass die organische Zeit $x = \sqrt{\frac{0}{2}}$ den Zeitpunkt des Eintritts der Pubertät bezeichnet, bestätigen lassen, da $x = \sqrt{\frac{0}{2}}$ stets zwischen dem Zeitpunkt erreicht wird, an welchem erstmalig Eier in der Eikammer auftreten, und dem Zeitpunkt des Schlüpfens der ersten Jungen, wie die nachstehende Übersicht zeigt.

Übersicht über gewisse Zeiten des Grundzyklus, nämlich t_{-1} und $t_{0.5}$, sowie gewisse biologische Daten, nämlich den Zeitpunkt, an welchem die Eierstöcke sichtbar werden, den Zeitpunkt des Eintritts der Eier in die Eikammer und den Zeitpunkt des Schlüpfens der ersten Brut, sämtliche Daten vom Zeitpunkt des Eintritts der Eier in die Eikammer an gerechnet.

	L_k	M_k	$L_{5g}M$—L_8M	$L_{17p}M$	$M_{4g}L$—$M_{10}L$	$M_{14p}L$	LML	MLM
t_{-1}	8,1	7,6	9,1	8,3	9,4	8,1	6,7	6,4
Eierstöcke	10,7	8,6	10,5	11,0	11,5	8,4	8,7	8,4
Eier in der Eikammer	12,9	10,2	12,3	13,3	13,9	10,5	10,7	10,4
$t_{0.5}$	13,9	12,3	14,0	14,3	15,2	12,8	12,8	13,7
Ausschlüpfen	16,5	13,4	14,8	17,0	17,4	13,8	14,4	13,9

Aus der obigen Tabelle geht hervor, dass die der organischen Zeit $x = -\sqrt{\frac{1}{2}}$ entsprechende physikalische Zeit t_{-1} im Durchschnitt 1,8 Tage vor dem Zeitpunkt des Sichtbarwerdens der Eierstöcke, d. h. vor ihrer Pigmentierung, erreicht ist. Kann zwischen diesen Daten in allen Fällen ein Zusammenhang bestehen? Berechnet man aus den observierten Daten die durchschnittliche Dauer der Entwicklung in der Eikammer, so findet man den Wert von 4,1 Tagen. Aus der Tabelle geht ferner hervor, dass wischen dem Auftreten der Eierstöcke und dem Erscheinen der Eier in der Eikammer durchschnittlich 2,1 Tage liegen. Da das Schlüpfen der Brut und der Eintritt der neuen Eier in die Eikammer im allgemeinen in unmittelbarer Folge geschehen, nur durch die kurze Zeitspanne getrennt, die für die eigentliche Häutung erforderlich ist, darf man also aus guten Gründen annehmen, dass die vollständige Entwicklung der Eierstöcke etwa 4 Tage beansprucht. Da, wie oben

hervorgehoben wurde, zwischen dem Zeitpunkt des Sichtbarwerdens der Eierstöcke und dem Eintritt der voll entwickelten Eier in die Eikammer 2,1 Tage vergehen, ist also beim Sichtbarwerden der Eierstöcke die Entwicklung derselben bereits seit 1,9 Tagen im Gange. Wie aus der Tabelle hervorgeht, ist t_{-1} 1,8 Tage vor dem Sichtbarwerden der Eierstöcke erreicht, was also praktisch genau mit dem Zeitpunkt zusammenfällt, an welchem die Entwicklung der Eierstöcke beginnt. Wir können daher vermuten, *dass die organische Zeit* $x = -\sqrt{\frac{1}{2}}$ *dem Zeitpunkt entspricht, an welchem die Entwicklung der ersten Eierstöcke beginnt.*

Aus der obigen Tabelle geht ferner hervor, dass der Zeitpunkt des Auftretens der ersten Eierstöcke, der Zeitpunkt des Auftretens der ersten Eier sowie der Zeitpunkt des Schlüpfens der ersten Brut in gewissem Grade milieubedingt sind, und zwar so, *dass Licht eine spätere, Dunkel eine frühere Geschlechtsreife bewirkt.* So sehen wir, dass die Gruppen L_k und $L_{17p}M$, die beide bis zur Pubertät im Licht gelebt haben, praktisch identische Zeiten aufweisen, nämlich 10,7 bzw. 11,0 Tage für das Erscheinen der Eierstöcke, 12,9 bzw. 13,3 Tage für das Auftreten der Eier in der Eikammer, sowie 16,5 und 17,0 Tage für das Schlüpfen der ersten Brut. Ebenso deutlich ist die Übereinstimmung zwischen den Gruppen M_k und $M_{14p}L$ mit 8,6 bzw. 8,4 Tagen für das Erscheinen der Eierstöcke, 10,2 bzw. 10,5 Tagen für das Auftreten der Eier in der Eikammer und 13,4 bzw. 13,8 Tagen für das Schlüpfen der ersten Brut. In der Gruppe $L_{5g}M$—L_8M vollzieht sich eine allmähliche Verschiebung in Richtung auf die Verhältnisse in der Gruppe M_k, so dass die Eierstöcke nach 10,5 Tagen auftreten, also zur selben Zeit wie in der Gruppe L_k, während dagegen die ersten Jungen nach 14,8 Tagen schlüpfen, d. h. 1,7 Tage früher als in der Gruppe L_k und 1,6 Tage später als in der Gruppe M_k. Die Milieuveränderung hat also auf den Zeitpunkt des Auftretens der Eierstöcke keinen Einfluss gehabt, trotzdem sie vor ihrem Erscheinen vorgenommen wurde und trotzdem die Veränderung vom hemmenden zum wachstumsfördernden Milieu erfolgte. Vielmehr sieht man eine kürzere Entwicklungszeit der ersten Jungen. In der Gruppe $M_{4g}L$—$M_{10}L$ finden wir etwas ganz anderes. Die Eierstöcke treten hier nach 11,5 Tagen auf, also später als in der Gruppe L_k und weit später als in der Gruppe M_k. Dabei tritt auch eine Retardation der für die Entwicklung des ersten Wurfes notwendigen Zeit auf, so dass dieser erst nach 17,4 Tagen schlüpft, also später als in allen übrigen Gruppen. Die Mileuveränderung hat somit in diesem Fall auf den Zeitpunkt des Auftretens der Eierstöcke eingewirkt, und zwar offenbar sehr stark.

Es hat also den Anschein, als übe vor allem Licht, d. h. Hemmung, einen stärkeren und bestimmenderen Einfluss auf das Auftreten der besagten Eigenschaften aus, als Dunkel, und zwar unabhängig davon, ob das Grundmilieu von der entgegengesetzten Art war oder nicht, wenn nur das Licht vor dem Erscheinen der Eierstöcke seine Wirkung hat ausüben können. Dass aber auch Dunkel einwirkt, zeigt das oben Gesagte über die Bedeutung des Dunkels für die Jungenproduktion und besonders für die Anzahl der Jungen pro Wurf, die deutlich erhöht wird, selbst wenn die Tiere nur sehr kurze Zeit im Dunkel gelebt haben.

Die Verhältnisse der Gruppen *LML* und *MLM* stimmen am ehesten mit denen der Gruppe M_k überein. Die Eierstöcke treten nach 8,7 bzw. 8,4 Tagen auf, die Eier erscheinen nach 10,7 bzw. 10,4 Tagen in der Eikammer, und die ersten Jungen schlüpfen nach 14,4 bzw. 13,9 Tagen. Wie diese Verhältnisse im Lichte der übrigen Ergebnisse zu deuten sind, ist nicht klar, da diese beiden Gruppen, wie schon erwähnt, sich auch in anderer Beziehung völlig von den übrigen Gruppen entfernen.

Ebenso wie diese biologischen Erscheinungen unter dem Einfluss von Licht und Dunkel variieren, wechselt auch der Zeitpunkt von $t_{0.5}$, und zwar verschiebt Licht $t_{0.5}$ auf einen späteren Zeitpunkt und Dunkel auf einen früheren. In dieser Hinsicht verhalten sich die Gruppen *LML* und *MLM* wie die übrigen Gruppen, so dass $t_{0.5}$ bei *LML* früher und bei *MLM* später erreicht wird und somit durch die Milieuveränderung beeinflusst worden ist, der diese Gruppen ausgesetzt worden sind.

Da, wie weiter oben gezeigt wurde, sich die Lebensdauer unter dem Einfluss von Dunkel und Licht in gesetzmässig bestimmter Weise ändert, erhebt sich die Frage, ob man in diesem Material einen Zusammenhang zwischen der Lebensdauer und dem Zeitpunkt des Eintritts der Pubertät erkennen kann. In Temperaturversuchen an Daphnia magna zeigten McArthur u. Baillie (1939 a), dass die Pubertät in sämtlichen Gruppen eintrat, wenn 27 % der Lebensdauer erreicht waren. Als die Pubertät definierten sie den Zeitpunkt des Schlüpfens der ersten Jungen. Wie aus der obigen Zusammenstellung (S. 57) hervorgeht, liegt $t_{0.5}$ in sämtlichen Fällen vor diesem Zeitpunkt, und zwar aus mehreren Gründen. Erstens sind die Tiere zweifellos schon geschlechtsreif, wenn die ersten Jungen schlüpfen, und zweitens ist die direkte Observation des Zeitpunktes des Schlüpfens nicht exakt, sondern mit einem Fehler behaftet, der bis zu 24 Stunden betragen kann, da die Observation nur einmal täglich vorgenommen wird, so dass also die Jungen unmittelbar nachher schlüpfen können und bei der nächsten Observation also praktisch einen ganzen Tag alt sein können. Die Pubertät muss also wenigstens einen Tag früher angesetzt werden als der Zeitpunkt, an welchem das Schlüpfen des ersten Wurfes beobachtet worden ist.

In seiner Arbeit über die organische Zeit zeigte Backman (1939 a), dass die Relation zwischen der Lebensdauer und dem Zeitpunkt der Pubertät durch die Gleichung $\log p = -\frac{1{,}2247}{c_1}$ bestimmt wird, wo p die gesuchte Relation angibt. Aus dieser Gleichung geht hervor, dass die Relation von dem Wert von c_1 abhängig ist und dass sie also sowohl konstant als variierend sein kann. Wenn man für die einzelnen Gruppen die Beziehung zwischen der Lebensdauer und dem Zeitpunkt des Eintretens der Pubertät in Prozent sowohl der ganzen Lebensdauer als des Grundzyklus allein berechnet und ferner die Zeit des Schlüpfens der ersten Jungen in Prozent der Gesamtlebensdauer bestimmt, so findet man, wie die nachstehende Übersicht zeigt, dass ein konstantes Verhältnis nur in den Gruppen L_k und M_k festzustellen ist und dass dieses vor allem den Grundzyklus betrifft.

In keinem Fall haben also die von McArthur u. Baillie angegebenen 27 % wiedergefunden werden können. Dies erklärt sich sicher dadurch, dass die genannten

Übersicht über die Zeit der Geschlechtsreife ($t_{0.5}$), vom Auftreten des Eies an gerechnet und in Prozent der ganzen Lebensdauer ausgedrückt, über die Zeit der Geschlechtsreife ($t_{0.5}$), vom Beginn des Grundzyklus ($t_{0.3}$) an gerechnet und in Prozent der Zeit des Grundzyklus ausgedrückt, sowie über den Zeitpunkt des Schlüpfens der ersten Brut, vom Auftreten des Eies an gerechnet und in Prozent der ganzen Lebensdauer ausgedrückt.

Geschlechtsreife ($t_{0.5}$) in %	L_k	M_k	$L_{5g}M - L_8M$	$L_{17p}M$	$M_{4g}L - M_{10}L$	$M_{14p}L$	LML	MLM
der ganzen Lebensdauer	18,6	19,7	16,6	14,8	21,2	18,9	13,2	15,7
des Grundzyklus	11,9	11,7	8,7	9,7	12,9	10,5	8,8	12,3
Zeitpunkt des Ausschlüpfens in % der ganzen Lebensdauer	22,1	21,5	17,6	17,6	24,3	19,6	14,9	15,9

Autoren die Zeit der Geschlechtsreife in Prozent der beobachteten mittleren Lebensdauer berechnet haben. Da diese, wie aus ihrer Arbeit hervorgeht, unter Einbeziehung sämtlicher Tiere der Versuchsgruppe berechnet worden ist, gibt sie, aus Gründen, die oben angeführt worden sind, mit Bestimmtheit nicht die physiologische Lebensdauer an, da ja zahlreiche Tiere vorzeitig gestorben sind und so den Wert der Lebensdauer senken. Benutzt man statt dessen die Werte der Lebensdauer, die man bei der Sterblichkeitsberechnung (siehe unten) bekommt, nämlich $t_{0.3} = 4{,}5$, $t_{0.5} = 7{,}5$ und $t_d = 63{,}5$ Tage, von $t_{0.3}$ an gerechnet, und drückt $t_{0.5}$ jetzt in Prozent von t_d aus, so erhält man den Wert 11,8, also eine ausserordentlich gute Übereinstimmung mit den bei meinen Versuchsgruppen gefundenen Werten. Nimmt man statt der theoretischen Daten die Werte, die direkt für die mittlere Lebensdauer beobachtet worden sind (siehe die Haupttabellen I und II, S. 94 u. 95), nämlich 49,0 Tage für M_k und 62,3 Tage für L_k, und berechnet die beobachtete Zeit des Schlüpfens der ersten Jungen, nämlich 13,4 Tage für M_k und 16,5 Tage für L_k, in Prozent der Werte der mittleren Lebensdauern, so findet man 27,3 % für M_k und 27,0 % für L_k, d. h. gerade die von McArthur u. Baillie angegebenen Werte, deren Ergebnisse also haben bestätigt werden können. Hierdurch erhält man eine weitere Stütze für die Gültigkeit der in dieser Untersuchung erhaltenen Resultate sowie auch für die bei der Analyse der Sterblichkeit gewonnenen (siehe unten).

Aus der obigen Tabelle geht hervor, dass zwischen den Gruppen L_k und M_k eine Abszissen- oder Zeitaffinität vorliegt (Backman 1943 a), was übrigens auch durch die Tatsache bestätigt wird, dass die Konstante c_1 in diesen beiden Gruppen praktisch dieselbe ist. Dies bedeutet u. a., dass die den Quantengrenzen des Grundzyklus entsprechenden physikalischen Altersstufen der grossen biologischen Veränderungen in den betreffenden Gruppen beim selben prozentualen Wert irgendeiner dieser Altersstufen liegen müssen. Dies ist auch tatsächlich der Fall, wie aus der nachstehenden Tabelle hervorgeht:

Wie man sieht, ist die Übereinstimmung in allen Punkten vollständig.

In seiner Arbeit über den »Affinen Wachstumsverlauf» hat Backman (1943 b) diese Verhältnisse näher analysiert und mathematisch klargestellt. Er hat dabei gerade diese Zeitaffinität aufgewiesen, die bisher nicht bekannt war. Die häufigste

Form von Affinität ist die Ordinaten- oder Grössenaffinität. Beide Affinitätsformen können gleichzeitig auftreten, wie BACKMAN u. a. durch Analysen des Daphnienmaterials von MCARTHUR u. BAILLIE dargetan hat. Er spricht in solchen Fällen von doppelter Affinität.

	t_{-1}	$t_{0.5}$	t_1	t_2
M_k	3,4	11,7	40,5	67,5
L_k	3,5	11,9	40,7	67,7

Liegt in den beiden Gruppen L_k und M_k doppelte Affinität vor? Wie oben gezeigt worden ist, besteht Zeitaffinität. Die Affinität wird durch die sogenannte Affinitätskonstante bestimmt, die in dem einfachen Verhältnis, das in diesem Material zutage tritt, dadurch erhalten wird, dass man für die Zeitaffinität die Lebensdauerwerte der Grundzyklen und für die Grössenaffinität die betreffenden Asymptotenwerte durcheinander dividiert. Wir übertragen jetzt die Wachstumskurve von M_k auf L_k und finden dann die Konstanten: $\frac{t_{d.L_k}}{t_{d.M_k}} = 1{,}2182$ und $\frac{I_{3.L_k}}{I_{3.M_k}} = 0{,}8972$. Werden nun die Ordinatenwerte von M_k mit 0,8972 multipliziert und bei den nach Multiplikation der Abszissenwerte von M_k mit 1,2182 erhaltenen Zeiten angesetzt, so erhält man den neuen Grundzyklus, der nach Addition der vorhergehenden zu L_k gehörenden Zyklen und nach Korrektion mit $t_{0.3}$ praktisch exakt der Kurve der L_k-Gruppe folgt (siehe Abb. 22, S. 62).

Zwischen den Gruppen L_k und M_k besteht somit doppelte Affinität, und die vorliegende Analyse hat also die Ergebnisse, zu denen BACKMAN *gelangt war, vollständig bekräftigt.*

Da, wie BACKMAN gezeigt hat, die Konstanten c_1, c_2 und c_0 im grossen ganzen erblich determiniert sind, sämtliche Konstanten aber unter der Einwirkung des Milieus sich verändern können, wobei c_1 ziemlich stabil ist, während c_2 und c_0 in höherem Grade zu beeinflussen sind, muss die Voraussetzung für eine Zeitaffinität zwischen zwei Populationen die sein, dass das Milieu, obwohl für jede Population verschieden, doch innerhalb der Population konstant bleibt. Wenn das der Fall ist, so gilt stets $t_{0.5} = p \cdot t_d$, wo $\log p = -\frac{1{,}2247}{c_1}$. Da die Wachstumskonstanten frühzeitig bestimmt werden und sich bei gleichbleibendem Milieu nicht verändern, ist das frühe Eintreten von $t_{0.5}$ und t_d vorausbestimmt. Dann hat auch $\log p$ einen bestimmten Wert. Wenn nun wie in den angeführten Experimenten die Umweltbedingungen sich so wesentlich ändern, dass das Wachstum dadurch merklich beeinflusst wird, so bedeutet dies, wie die obige Diskussion der Resultate gezeigt hat, dass c_0 und c_2 sich verändern, c_1 dagegen nicht. Wäre das Wachstum der Population die ganze Zeit mit den Konstanten $c_{0.1}$, c_1 und $c_{2.1}$ fortgegangen, so wäre die Geschlechtsreife bei $t_{0.5.1}$ und das Lebensende bei $t_{d.1}$ eingetreten. Nachdem nun durch die Milieuveränderung $c_{0.1}$ zu $c_{0.2}$ und $c_{2.1}$ zu $c_{2.2}$ geändert worden ist, während

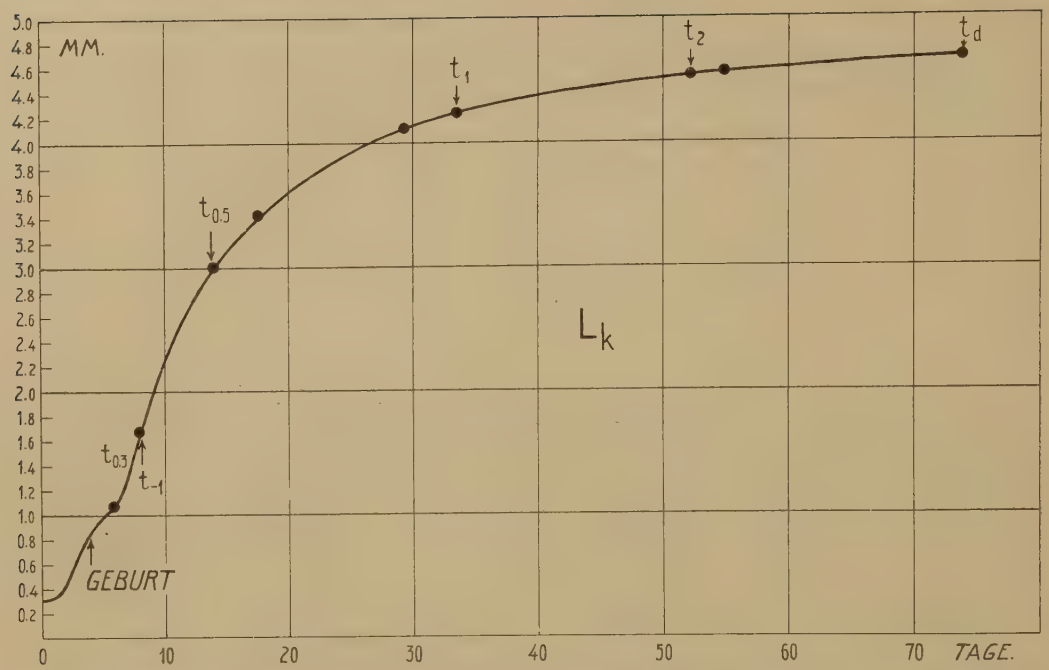

Abb. 22. Diagramm, die Affinität zwischen den Gruppen M_k und L_k aufzeigen. Die besonders kenntlich gemachten Punkte geben die durch Transformation gewisser M_k-Werte erhaltenen Werte an.

c_1 unverändert geblieben ist, würde, falls die Population die ganze Zeit mit diesen letzteren Konstanten gewachsen wäre, die Geschlechtsreife bei $t_{0.5.2}$ eingetreten sein. Dies ist ausgeschlossen, da die Geschlechtsreife bei der Verbringung der Tiere aus dem einen in das andere Milieu bereits eingetreten ist. Das einzige, was experimentell bestätigt werden kann, ist, dass $t_{d.2}$ wirklich mit dem übereinstimmt, was aus dem veränderten Wachstum berechnet werden kann, nicht aber mit dem $t_{d.1}$, das nach dem Wachstum der ersten Zeit zu erwarten gewesen wäre. Dass der Zeitpunkt der Geschlechtsreife unter den beiden Voraussetzungen nicht derselbe werden konnte, geht daraus hervor, dass $\log t_{0.5.1} = -\frac{c_{2.1}}{c_1}$ ist, dagegen $\log t_{0.5.2} = -\frac{c_{2.2}}{c_1}$. Da nun $\log t_{0.5} = \log p + \log t_d$ und $\log p = -\frac{1{,}2247}{c_1}$ ist und da c_1 nach der Milieuveränderung unverändert geblieben ist, so hätte auch bei diesem neuen Milieu die Zeit der Geschlechtsreife denselben prozentualen Anteil der Lebensdauer ausgemacht wie bei dem vorigen Milieu. Dass die Zeit der Geschlechtsreife in den beiden Fällen nicht konstant ist, kommt daher, dass die Lebensdauer in beiden Fällen verschieden ist, und demzufolge bei identischer Proportion von Lebensdauer und Geschlechtsreife die letztere zu einem anderen Zeitpunkt eintreten muss. Der Zeitpunkt der Geschlechtsreife, den man bei der Analyse des nach der Milieuveränderung veränderten Wachstums findet, ist jedoch fiktiv, da ja die wirkliche

Geschlechtsreife bereits eingetreten ist. Da nun die Lebensdauer eine wirkliche Änderung erfährt, ist es also ausgeschlossen, dass die wirkliche Zeit der Geschlechtsreife, in Prozent der Lebensdauer ausgedrückt, bei verändertem Milieu konstant sein kann. Daher finden wir auch keine Affinität in den Versuchsgruppen.

In einer Arbeit hat Backman (1939 d) gezeigt, dass die Beziehung Lebensquanten —physikalische Zeit, Q/t, d. h. $(dx^2)/dt$ der Funktion

$$x^2 = (c_1 \cdot \log t + c_2)^2$$

aus der Integralfunktion des Wachstums

$$y = c_0 \int_{\infty}^{x} e^{-x^2} \cdot dx$$

ein Maximum beim Zeitpunkt

$$t_v = e.t_{0.5}$$

hat, wobei e die Basis des natürlichen Logarithmus und $t_{0.5}$ die Zeit der halben Endgrösse ist.

Backman (1943 a) schreibt darüber: »Ich habe diese maximale Verbesserung der Quanten-Zeitrelation Q/t als Ausdruck der grössten »Lebenskraft» (die ich undefiniert lasse) des Körpers verstehen wollen und die Abnahme dieser Relation Q/t als Ausdruck eines Alterns gedeutet.»

Walander (1939) fand bei Untersuchungen an Moina rectirostris, »dass die maximale Verbesserung in der Relation 'Lebensquanten' zur Zeiteinheit wirklich mit der grössten Entfaltung der Lebensenergie zusammenhängt, wobei die Lebensenergie mit der produzierten Zahl von Jungen gemessen wird».

An Hand von Analysen an Pflanzen, Tieren und am Menschen spricht Backman (1943 a) folgende Vermutung aus:

»Die Zeit der grössten 'Lebenskraft' tritt bei sämtlichen analysierten einjährigen Pflanzen überhaupt nicht im Leben ein, dagegen wohl bei den Bäumen, den Tieren und beim Menschen.»

Bei Analyse der Eiproduktions des Huhns, der Reproduktion der weissen Ratte, gemessen im Gewicht der produzierten Jungen insgesamt, und schliesslich der Reproduktion des Hausschweins, gemessen an der Zahl der Jungen pro Wurf in verschiedenem Alter der Sau, wobei Backman die Reproduktion eines Organismus als geeigneten biologischen Ausdruck für diese Form des Alterns ansieht, findet Backman (1943 a) in einigen Fällen eine gute Übereinstimmung, in anderen eine weniger gute zwischen t_v (siehe oben) und der Zeit der maximalen Reproduktion. Er schreibt: »Die hier gegebenen Beispiele reichen sicher nicht aus, weder um meine Deutung über den evtl. biologischen Sinn der Funktion $d(x^2)/dt$ endgültig zu erhärten, noch um die Richtigkeit meiner Auffassung, die Reproduktion der Organismen sei ein Zeichen dieser zweiten Art eines Alterns, zu beweisen. Die gegebenen Analysen sprechen jedenfalls nicht dagegen, sondern sie machen es möglich, sogar recht wahrscheinlich, dass meine Deutung einen richtigen biologischen Sinn haben könne.»

Um zu untersuchen, wie die Verhältnisse in meinem Material liegen, habe ich in der folgenden Tabelle die Zeit der höchsten Brutzahl (t_m) in Beziehung sowohl zu t_v als zu t_1, d. h. zu der physikalischen Entsprechung der organischen Zeit $x = \sqrt{\frac{1}{2}}$, gesetzt.

	L_k	M_k	$L_{5g}M$—L_8M	$L_{17p}M$	$M_{4g}L$—$M_{10}L$	$M_{14p}L$	LML	MLM
t_v	28,0	23,6	25,2	36,9	29,6	25,2	25,2	31,6
t_1	33,8	28,6	34,5	45,5	34,2	33,0	37,8	38,1
t_m	35,8±1,6	30,7±1,6	36,7±1,4	41,7±2,2	36,1±1,1	32,9±1,6	38,6±1,1	37,6±2,3

Aus der Tabelle geht hervor, dass kein Zusammenhang zwischen t_v und t_m besteht, da t_v durchschnittlich 8 Tage früher eintritt, wobei der Wert von t_v im allgemeinen ausserhalb der statistischen Fehlergrenzen liegt. Dagegen ist ein deutlicher Zusammenhang zwischen t_1 und t_m festzustellen, wobei t_1 in sämtlichen Fällen innerhalb der Grenze des doppelten mittleren Fehlers für t_m liegt. Walanders Befunde an Moina haben ebenso wie Backmans obengenannte Resultate aus gewissen Analysen bei meinen Daphnienserien keine Geltung, vielmehr gilt für dieses Tier, wie mit grosser Bestimmtheit gezeigt werden konnte, dass *der Zeitpunkt der maximalen Jungenproduktion mit der Quantengrenze zusammenfällt, die der organischen Zeit* $x = \sqrt{\frac{1}{2}}$ entspricht.

Backman wies jedoch darauf hin, dass der Mensch sein grösstes und schwerstes Kind bekanntlich mit etwa 36 Jahren gebiert. Backman fand $t_v = 36{,}3$ und $t_1 = 34{,}7$ Jahre nach der Geburt. Er schloss daraus, dass die grösste »Lebenskraft» des Menschen, als sein mächtigstes Reproduktionsvermögen definiert, am ehesten mit t_v übereinstimmt, also wie Walander es für Moina gefunden hat; die Zeit t_1 liegt in dieser Hinsicht beim Menschen wie bei Moina ein klein wenig zu früh, doch ist beim Menschen der Unterschied allzu geringfügig, als dass man irgendwelchen Schluss daraus folgern könnte.

Vergleiche ich hiermit meine Ergebnisse bei Daphnia, so liegt bei diesem Tier t_v im allgemeinen so viele Tage vor der Zeit der maximalen Anzahl von Jungen im Wurf, dass von einer guten Übereinstimmung zwischen t_v und dieser Zeit bei Daphnia nicht gesprochen werden kann. Dagegen ist die Übereinstimmung mit t_1 eine sehr exakte, und zwar in sämtlichen analysierten Versuchsreihen. Meine Resultate würden also Backmans Erfahrungen am Menschen dahin klären, dass die Übereinstimmung zwischen der Zeit der maximalen Reproduktion und der Zeit der Quantengrenze $x = \sqrt{\frac{1}{2}}$ vielleicht die entscheidende ist. Ob aber auch ein Zusammenhang zwischen der Zeit der maximalen Reproduktion und t_v wenigstens

bei gewissen Organismen gleichzeitig oder allein besteht, müssen erst weitere Analysen des Lebenslaufes anderer Organismen entscheiden.

Da also die Analyse dieser Verhältnisse bei Daphnia zu einem anderen Ergebnis geführt hat, als es WALANDER bei Moina gefunden hatte, trotzdem dieses Versuchstier ebenso wie Daphnia eine Crustacee ist, war es von Interesse, WALANDERS Material eingehender zu analysieren. WALANDERS Schlussfolgerungen fussen auf nur wenigen Analysen, und er diskutiert nicht die Möglichkeit vorzeitigen Todes. Zwar findet er, dass t_v gleichzeitig mit der Höchstzahl von Jungen im Wurf oder im Anschluss daran auftrat, doch zeigen seine Zahlen für den Zeitpunkt der maximalen Jungenzahl, dass diese sich besser mit der physikalischen Entsprechung, t_2, der organischen Zeit $x = \sqrt{\frac{2}{2}}$ zusammenstellen lassen.

	t_v	t_2	Grösster Wurf
Monia *Z*	16,8	16,8	16,0
Monia *Q*	15,3	16,9	17,0
Monia *G*	11,2	10,4	11,0

Benutzt man statt dessen das ganze Material und berechnet die Lage der Quantengrenzen aus der Sterblichkeitsfrequenz (siehe unten unter Quantengrenzen und Sterblichkeit), so liegt die Quantengrenze t_1 bei der physikalischen Zeit 11,5 Tage, vom Eintritt des Eies in die Eikammer aus gerechnet. WALANDER gibt für das Gesamtmaterial ein Durchschnittsalter von 6 Tagen beim Schlüpfen des ersten Wurfes an, vom Eintritt des Eies in die Eikammer an gerechnet, und ferner gibt er an, dass die Entwicklung in der Eikammer durchschnittlich 2,15 Tage beansprucht. Aus WALANDERS Tab. 1 geht hervor, dass die maximale Jungenzahl zwischen dem 3. und 4. Wurf zu verzeichnen ist, d. h. 2—3 Würfe nach dem Schlüpfen des ersten Wurfes. Diese Zeit der grössten Jungenzahl wird also zwischen $6 + 2 \times 2{,}15$ Tage und $6 + 3 \times 2{,}15$ Tage liegen, d. h. zwischen 10,3 und 12,45 Tagen, im Durchschnitt wird sie nach 11,4 Tagen erreicht sein. Die Übereinstimmung zwischen der in der oben angegebenen Weise berechneten Zeit $t_1 = 11{,}5$ Tage und diesem Wert ist praktisch eine vollständige, weshalb man annehmen muss, *dass auch bei Moina die maximale Jungenzahl wirklich bei der organischen Zeit* $x = \sqrt{\frac{1}{2}}$ *vorliegt*. Den Zeitpunkt von t_v, berechnet aus der Zeit des Schlüpfens der ersten Brut, vermindert um 1 Tag, da der Grundzyklus erst einen Tag nach dem Eintritt des Eies in die Eikammer beginnen dürfte, finden wir mit 14,6 Tagen, also bedeutend später als die Zeit der höchsten Jungenzahl.

Wie schon erwähnt, betrachtet BACKMAN die organische Zeit $x = \sqrt{\frac{2}{2}}$ als den Zeitpunkt, an welchem die absolute Senilität eintritt. Das äussere Kriterium dieser

Senilität kann selbstverständlich wechseln, je nach dem Organismus, um den es sich handelt. Bei Säugern ist das Aufhören der Reproduktion hier eine gewöhnliche Erscheinung. Bei Daphnia dauert diese jedoch das ganze Leben hindurch fort, weshalb man nach anderen Zeichen suchen muss. Wie McArthur u. Baillie (1929 a) hervorheben, sind »the chief signs of senescence a slower rate of growth, declining heart rate, more sluggish movements, an irregular wrimkling of the shell, and gradual reduction and loss of part or all of the spine». Von diesen Senilitätserscheinungen ist zweifellos das Faltigwerden der Schale am leichtesten zu entdecken. Solche Fältchen treten aber nicht in allen Fällen auf, und andere deutliche Zeichen eintretender Senilität fehlen in solchen Fällen ebenfalls. Um eine Vorstellung von der zeitlichen Lage der Senilität zu gewinnen, ist in der nachstehenden Tabelle für die Gruppen, bei denen Fältelung der Schale beobachtet worden ist, ein einfacher Mittelwert (t_s) der Zeit des Auftretens der Falten berechnet (der mittlere Fehler ist nicht berechnet, da die Anzahl der Individuen in diesen Gruppen zu klein war) und in Beziehung zu der physikalischen Entsprechung, t_2, zur organischen Zeit $x = \sqrt{\frac{2}{2}}$ gestellt worden.

	L_k	M_k	$L_{5g}M - L_8M$	$L_{17p}M$	$M_{4g}L - M_{10}L$	$M_{14p}L$	MLM	
t_2	52,4	43,9	56,2	69,3	53,4	50,2	60,6	Theorie
t_s	51,7	44,4	60,9	71,0	55,6	50,0	58,3	Beobachtung

Ein Blick auf die Tabelle zeigt, dass eine auffallend gute Übereinstimmung zwischen dem Zeitpunkt des Eintretens der in der oben angegebenen Weise definierten Senilität und der aus der Quantengrenze $x = \sqrt{\frac{2}{2}}$ bestimmten physikalischen Zeit t_2 besteht. Zwar ist aus dem oben angegebenen Grunde der mittlere Fehler nicht berechnet worden, doch ist die Übereinstimmung sehr gut und, was noch mehr besagt, in sämtlichen Versuchsgruppen in gleicher Weise. In dieser Hinsicht hat also Backmans Auffassung eine, wie es scheint, wichtige Stütze gefunden, *da nämlich bei Daphnia die Zeit des Eintretens der absoluten Senilität mit der der organischen Zeit* $x = \sqrt{\frac{2}{2}}$ *entsprechenden physikalischen Zeit* t_2 *zusammenfällt.*

Aus der Tabelle geht ferner noch ein Umstand von einem gewissen Interesse hervor, nämlich die Beziehung der t_s-Werte untereinander. Wir finden, dass t_s am frühesten bei M_k auftritt, dann bei $M_{14p}L$, L_k, $M_{4g}L—M_{10}L$, MLM, $L_{5g}M—L_8M$ und zuletzt bei $L_{17p}M$. Diese Reihenfolge ist, von $M_{4g}L—M_{10}L$ abgesehen, die vor L_k hätte kommen müssen, sowie von MLM, die vor $L_{5g}M—L_8M$ hätte stehen sollen, dieselbe wie die Reihenfolge der Lebensdauer der verschiedenen Gruppen. Wir sehen also, dass t_s im allgemeinen um so später auftritt, je grösser die Lebens-

dauer ist. Von besonderem Interesse sind die Verhältnisse in den Gruppen $L_{5g}M$ — L_8M und $L_{17p}M$, wo, wie man sieht, eine grosse Differenz vorliegt. Da die beobachtete Lebensdauer in diesen beiden Gruppen von gleicher Grössenordnung ist (siehe Tab. 7, S. 49, hätte man erwartet, auch gleiche t_s-Werte zu finden. Da diese Erwartung nicht erfüllt ist, bedeutet dies eine weitere Stütze für die Richtigkeit der theoretischen Werte der Lebensdauer, die in den beiden Gruppen gefunden worden sind.

Die letzte Quantengrenze t_d, die den Endpunkt des Lebens darstellt und der die organische Zeit $x = \sqrt{\frac{3}{2}}$ entspricht, ist schon weiter oben (S. 52) behandelt worden.

Die Analyse der biologischen Verhältnisse hat also folgendes ergeben: *Die Jungen schlüpfen, wenn der Embryonalzyklus die Quantengrenze $t_{0.5}$ passiert; der Grundzyklus beginnt möglicherweise zu dem Zeitpunkt, wo der Embryonalzyklus sein t_1 passiert; die Eierstöcke beginnen vermutlich zu erscheinen, wenn t_{-1} des Grundzyklus eintritt; die Pubertät tritt ein, wenn der Grundzyklus sein $t_{0.5}$ erreicht; die grösste Jungenzahl ist bei t_1 des Grundzyklus zu verzeichnen; die absolute Senilität beginnt bei t_2 des Grundzyklus und der Tod tritt bei t_d des Grundzyklus ein.*

Es haben sich also nicht weniger als 5 biologische Erscheinungen mit je einer bestimmten Quantengrenze des Grundzyklus in Verbindung bringen lassen. Ein Zusammenhang von Quantengrenzen vor t_{-1} des Grundzyklus mit dem biologischen Geschehen hat dagegen nicht festgestellt werden können.

Die hierdurch geführte mathematische Analyse hat das durch die Milieuveränderung hervorgerufene veränderte Wachstum wiedergeben und die physiologische Lebensdauer und Endgrösse feststellen können. Wie oben gezeigt wurde (siehe S. 00), folgt die durch das Milieu hervorgerufene Veränderung einem gesetzmässigen Gang. Lässt sich eine solche gesetzmässige Veränderung auch aus den bei der mathematischen Analyse gefundenen Ergebnissen ablesen?

Betrachten wir zunächst die zum 3. Zyklus gehörende Konstante c_0 und sehen von den übrigen Zyklen hier ganz ab. Aus Tab. 5 (S. 49) geht hervor, dass c_0 in den einzelnen Gruppen verschieden ist. Wie die Formel, $\log c_0 = k_0 - \log c_1 + c^2{}_2 \cdot \log e + 0{,}36222$, welche die Beziehung zwischen den einzelnen Konstanten angibt, ausweist, braucht eine Veränderung der Konstanten c_1 und c_2 oder einer von ihnen nicht unbedingt eine Veränderung der Konstante c_0 im Gefolge zu haben, da die unabhängige Konstante k_0 eine Möglichkeit zur Kompensation bietet. Wenn nach Veränderung des Milieus, wobei, wie oben hervorgehoben wurde, die Konstante c_1 unverändert bleibt, während c_2 einen anderen Wert annimmt, vollständige Kompensation durch k_0 eintritt, so wird man daraus folgern, dass c_0 früh bestimmt ist, und zwar in einem Grade, dass der Organismus auch bei veränderten Verhältnissen danach strebt, durch Kompensation den einmal bestimmten Wert von c_0 zu verwirklichen. Dies bedeutet, dass die Veränderung, die k_0 bei Milieuänderung erfährt, dieselbe sein muss wie die Veränderung von $c^2{}_2 \cdot \log e$, da ja die übrigen Glieder in der rechten Hälfte der Gleichung konstant sind, d. h. $\Delta k_0 = \Delta c^2{}_2 \cdot \log e$. Untersucht man nun die Verhältnisse in den beiden Gruppen, in denen die Analyse

eine Bestimmung der einzelnen Parameter sowohl vor als nach der Milieuveränderung erlaubte, nämlich $M_{14p}L$ und $L_{17p}M$, und bestimmt Δk_0 und $\Delta c^2{}_2 \cdot \log e$, wobei die aus dem ersten Teil der Wachstumskurve für $M_{14p}L$ erhaltenen Werte in den Nullpunkt eingesetzt werden, so finden wir folgendes:

Die aus den beiden Hälften der Kurven berechneten k_0- bzw. $c^2{}_2 \cdot \log e$-Werte ($k_{0.I}$ bzw. $k_{0.II}$ und $c^2{}_2 \cdot \log e_I$ bzw. $c^2{}_2 \cdot \log e_{II}$) und die daraus erhaltenen Δk_0- bzw. $\Delta c^2{}_2 \cdot \log e$-Werte der Gruppen $M_{14p}L$ und $L_{17p}M$.

	$k_{0.I}$	$c^2{}_2 \cdot \log e_I$	$k_{0.II}$	$c^2{}_2 \cdot \log e_{II}$	$\Delta k_{0.I}$	$\Delta c^2{}_2 \cdot \log e_I$	$\Delta k_{0.II}$	$\Delta c^2{}_2 \cdot \log e_{II}$
$M_{14p}L$	— 0,4431	0,5646	— 0,5886	0,6826	0	0	0,1455	0,1180
$L_{17p}M$	— 0,7269	0,8194	— 0,9227	1,1294	0,2838	0,2548	0,4791	0,5648

Stellt man die Werte zusammengehöriger Δk_0 und $\Delta c^2{}_2 \cdot \log e$ in einem Diagramm dar (siehe Abb. 23, S. 69), so sieht man, dass nach der Milieuveränderung $c^2{}_2 \cdot \log e$ in der Gruppe $M_{14p}L$ ein wenig nachschleppt. Dies bedeutet, dass k_0 die eingetretene Veränderung vollständig kompensiert und sogar ein wenig überkompensiert hat, in dem Bestreben, c_0 konstant zu halten. *Frühzeitige Einwirkung eines günstigen Milieus (Dunkel) bestimmt also in hohem Grade die Endgrösse, was darauf hindeutet, dass die Konstante c_0 unter diesen Bedingungen frühzeitig festgelegt wird*, ein rechnerisches Resultat, das in guter Übereinstimmung mit der direkten Beobachtung steht.

In der Gruppe $L_{17p}M$ verhält es sich etwas anders. Hier schleppt k_0 nach, was also bedeutet, dass die Veränderung, die $c^2{}_2 \cdot \log e$ nach der Milieuveränderung erfahren hat, nicht ganz kompensiert worden ist, so dass sich der Wert von c_0 erhöht hat, woraus hervorgeht, *dass die Endgrösse unter solchen Bedingungen variabel ist und vermutlich von der Dauer der Hemmung abhängt.* Auch in diesem Falle ist der Organismus jedoch bestrebt, einen gewissen, schon früh bestimmten Wert von c_0 zu verwirklichen, denn die Veränderung von c_0, die man hier sieht, ist geringfügig gegenüber der Veränderung, die der veränderte Wert von c_2 bewirkt haben würde, falls nicht eine weitgehende Kompensation durch k_0 eingetreten wäre.

In den Gruppen M_k und L_k ist die Konstante c_1 praktisch von derselben Grössenordnung. Dagegen hat c_2 in den beiden Gruppen verschiedene Werte. Dies spricht dafür, *dass die Konstante c_1 sehr früh bestimmt wird und später nur äusserst wenig durch das Milieu beeinflusst werden kann*, ein Ergebnis, das mit Backmans (1943 b) Feststellung übereinstimmt. Dagegen lässt sich c_2, d. h. die Konstante, die vor allem für die Lebensdauer bestimmend ist, leichter beeinflussen und verändern. Dies ist auch deutlich in den beiden Gruppen $L_{17p}M$ und $M_{14p}L$ zu erkennen, den Gruppen, in denen die Milieuveränderung durch das veränderte Wachstum deutlich zum Ausdruck gekommen ist und so eine nähere Analyse gestattet hat.

Schon zu einem frühen Zeitpunkt der mathematischen Analyse dieser beiden Gruppen zeigte es sich, dass bei der Berechnung der Konstanten nach der oben

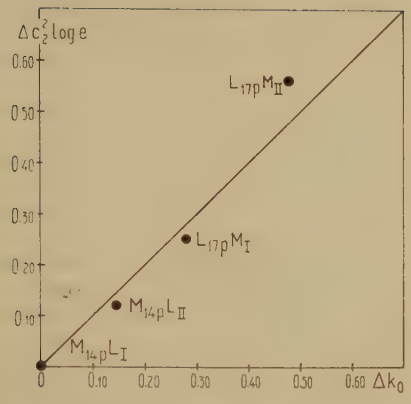

Abb. 23.

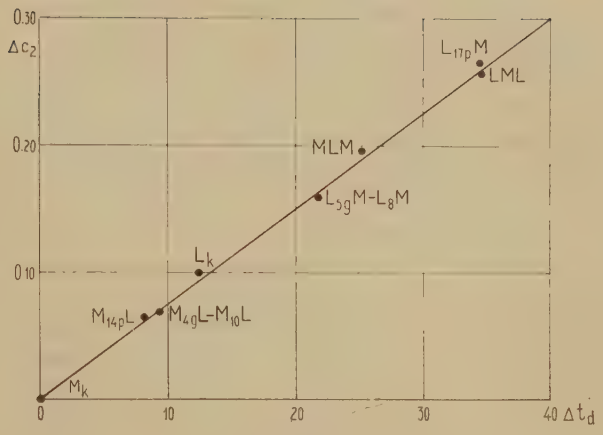

Abb. 27.

Abb. 23. Zusammengehörige $\Delta c^2_2 \cdot \log e$ und Δk_0, beieinander angesetzt und mit den betreffenden Werten der Gruppe $M_{14p}L_I$ als 0-Punkt.

Abb. 27. Zusammengehörige Δc_2 und Δt_d, beieinander angesetzt und mit dem betreffenden Werten der Gruppe M_k als Nullpunkt.

angegebenen Methode c_1 in beiden Kurvenhälften etwa von derselben Grössenordnung war, während c_2 schwankte. Bei der weiteren Analyse wurde nun in Übereinstimmung mit den bei den Gruppen L_k und M_k gefundenen Ergebnissen angenommen, dass c_1 konstant sei, und die weiteren Berechnungen wurden dementsprechend durchgeführt. Dabei stellte sich mit aller Deutlichkeit die gute Übereinstimmung zwischen beobachtetem und theoretischem Wachstum heraus (siehe Abb. 24—26, S. 71). Um den Gang der Analyse klarzumachen, lege ich hier zwei Beispiele vor: $L_{17p}M58$ und $M_{13p}L62$.

I. $L_{17p}M58$.

Im ersten Zyklus ist $I_1 = 0{,}27$ mm = Grösse des Eies. Der zweite Zyklus, der Embryonalzyklus, wird in der gewohnten Weise bestimmt:

$$y = 0{,}3836 \int_{-\infty}^{x} e^{-x^2} \cdot dx;\ x = 2{,}7708 \cdot \log t — 1{,}3219;\ I_2 = 0{,}68 \text{ mm}.$$

Den Anfang des dritten Zyklus nehmen wir nun am 5. Tag an, $t_{0.3} = 5$. Die ersten Eier treten am 14. Tag in der Eikammer auf, und die ersten Jungen schlüpfen zwischen dem 16. und 17. Tag. Die Pubertät wird deshalb am 15. Tag angesetzt, d. h. $t_{0.5} = 10$ Tage, vom Anfang des dritten Zyklus an gerechnet. Der geglättete Wachstumswert ist dann 2,65 mm. Nach Abzug von $I_1 + I_2$ verbleibt 1,70 mm, was also der halbe Endwert ist, weshalb $I_3 = 3{,}40$ mm ist. Wir stellen jetzt folgendes Gleichungssystem auf.

TABELLE 8.

Tage	I. Zyklus	II. Zyklus	III. Zyklus		Wachstum		Biol. und theor. Daten
			I. Funktion	II. Funktion	Theor.	Beob.	
0	0,27	0			0,27	0,27	
1		0,02			0,29	0,28	
2		0,17			0,44	0,41	
3		0,34			0,61	0,60	$t_{0.5}$ (II. Zyklus)
4		0,47			0,74	0,74	Geburt
5		0,55	0	(0)	0,82	0,74	$t_{0.3}$
6		0,60	0,07	(0,05)	0,94	0,87	
7		0,63	0,27	(0,16)	1,07	1,15	
8		0,65	0,43	(0,42)	1,35	1,15	
9		0,66	0,69	(0,61)	1,62	1,52	
10		0,67	0,92	(0,84)	1,86	1,52	
11		0,67	1,12	(1,07)	2,06	1,97	Eierstöcke
12		0,67	1,28	(1,28)	2,22	1,97	
13		0,67	1,44	(1,47)	2,42	1,97	
14		0,68	(1,58)	1,67	2,62	2,42	Eier in d. Eikammer
15			(1,70)	1,81	2,76	2,42	$t_{0.5}$
16			(1,80)	1,95	2,90	2,42	Ausschlüpfen
17			(1,90)	2,09	3,04	2,83	Milieuänderung
18			(1,99)	2,20	3,15	2,83	
19			(2,08)	2,32	3,27	2,83	
20			(2,15)	2,44	3,39	3,24	Ausschlüpfen
21			(2,22)	2,53	3,48	3,24	
22			(2,29)	2,61	3,56	3,24	
23			(2,35)	2,70	3,65	3,24	Ausschlüpfen
24			(2,40)	2,78	3,73	3,62	
25			(2,45)	2,86	3,81	3,62	
35			(2,81)	3,43	4,38	4,36	
45			(3,01)	3,80	4,75	4,59	
55			(3,13)	4,01	4,96	4,91	
65			(3,20)	4,18	5,13	5,09	
75			(3,26)	4,27	5,22	5,24	t_d I. Funktion = 78,5,
85				4,34	5,29	5,29	t_2 II. Funktion = 76,5.
95				4,38	5,33	5,36	Tage
105				4,44	5,39	5,38	
108				4,45	5,40	†	Tod. t_d.

$$\left.\begin{aligned} 0 &= 1{,}0000\ c_1 + c_2 \\ -0{,}9885 &= 0{,}3010\ c_1 + c_2 \end{aligned}\right\}$$

$$0{,}9885 = 0{,}6990\ c_1$$

$$c_1 = 1{,}4141$$

$$c_2 = -1{,}4141$$

$$y = 1{,}9182 \int_{-\infty}^{x} e^{-x^2} \cdot dx;\ x = 1{,}4141 \log t - 1{,}4141;\ I_3 = 3{,}40 \text{ mm},$$

$t_d = 73{,}5$ Tage. Den Wert $-0{,}9885$ findet man, indem man im zweiten Tage des 3. Zyklus den in der entsprechenden Zeit der vorherigen Zyklen festgestellten Wachstumswert von dem beobachteten abzieht: $1{,}17 - 0{,}90 = 0{,}27$, dies durch den Asymptotenwert I_3 dividiert und den entsprechenden x-Wert sucht, der dann $-0{,}9885$ beträgt.

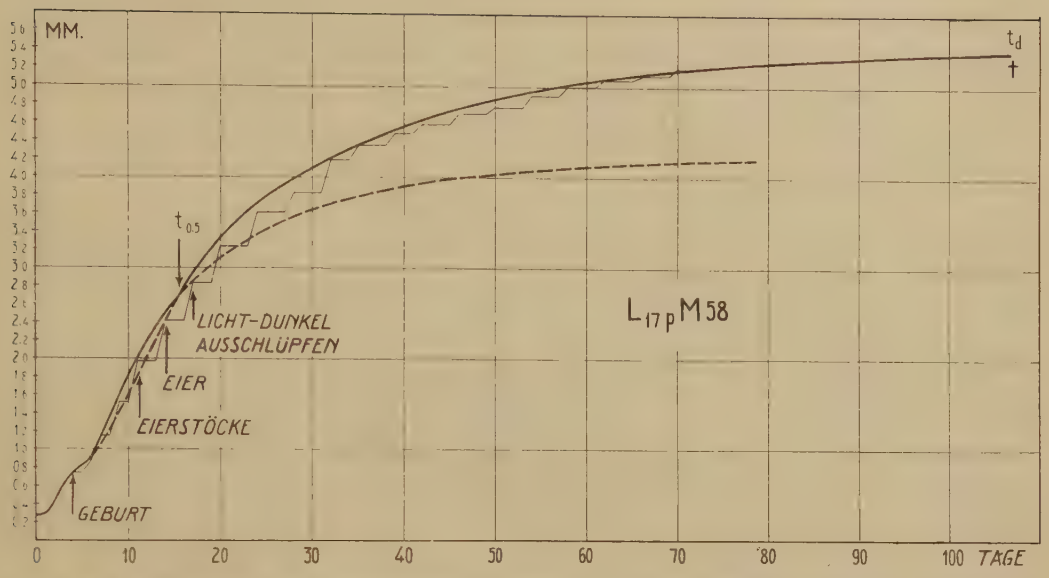

Abb. 24. Beobachtetes und theoretisches Wachstum des Versuchstieres $L_{17p}M$ 58; die Analyse erfolgte in zwei Etappen (siehe den Text), und es wurde angenommen, dass die physikalische Zeit beim Eintritt des Todes der organischen Zeit $x = \sqrt{\frac{3}{2}}$ entspricht.

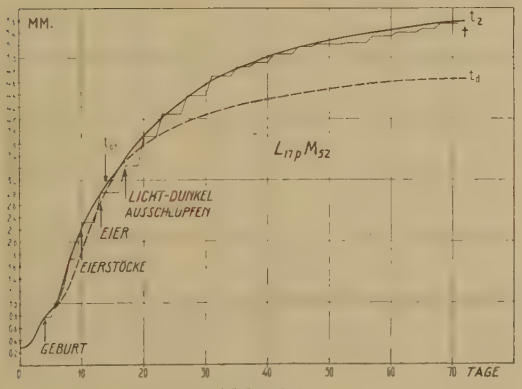

Abb. 25.

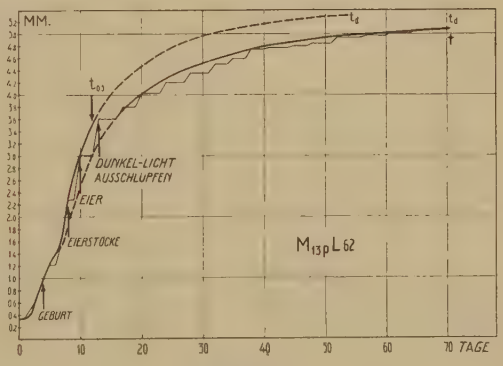

Abb. 26.

Abb. 25. Beobachtetes und theoretisches Wachstum des Versuchstieres $L_{17p}M$ 52; die Analyse erfolgte in zwei Etappen (siehe den Text), und es wurde angenommen, dass die physikalische Zeit beim Eintritt des Todes der organischen Zeit $x = \sqrt{\frac{2}{2}}$ entspricht.

Abb. 26. Beobachtetes und theoretisches Wachstum des Versuchstieres $M_{13p}L$ 62; die Analyse erfolgte in zwei Etappen (siehe den Text), und es wurde angenommen, dass die physikalische Zeit beim Eintritt des Todes der organischen Zeit $x = \sqrt{\frac{3}{2}}$ entspricht.

Nachdem auf diese Weise der erste Teil der Kurve bestimmt worden ist, findet man ihren zweiten Teil durch Lösung der Gleichung

$$1{,}2247 = 1{,}4141 \cdot \log 103 + c_2$$

in Hinsicht auf c_2. Es ergibt sich

$$y = 2{,}6178 \int_{-\infty}^{x} e^{-x^2} \cdot dx;\ x = 1{,}4141 \cdot \log t - 1{,}6217;\ I_3 = 4{,}64 \text{ mm},$$

welchen Wert man dadurch findet, dass man von der Endgrösse $I_1 + I_2$ subtrahiert und den so erhaltenen Wert mit 1,0434 multipliziert.

Die auf diese Weise erhaltenen Werte für das theoretische Wachstum sind zusammen mit den beobachteten Wachstumsdaten in Tabelle 8 (S. 70) angegeben. Da das Wachstum von Daphnia diskontinuierlich ist, weil der Panzer einen Zuwachs nur bei der Häutung erlaubt, und da die Wachstumskurve hierdurch ein treppenförmiges Aussehen erhält, tritt die Übereinstimmung zwischen theoretischem und beobachtetem Wachstum bei tabellarischer Wiedergabe nicht so deutlich hervor. Werden die Daten dagegen in ein Diagramm eingezeichnet (siehe Abb. 24, S. 71), so erkennt man, dass die Übereinstimmung gut ist. Dasselbe gilt, wenn die organische Zeit $x = \sqrt{\frac{2}{2}}$ zum Ausgangspunkt der Analyse genommen wird (siehe Abb. 25, S. 71).

Bei Berechnung mittels der Methode der kleinsten Quadrate wurden die Werte $c_1 = 1{,}4461$ und $c_2 = -1{,}6860$ erhalten, also eine sehr enge Übereinstimmung. Der vorhandene Unterschied erklärt sich zweifellos so, dass c_2 nach der Veränderung des Milieus nicht sofort seinen endgültigen Wert annimmt, wie auch in Abb. 24 zu sehen ist, wo die theoretische Kurve am Anfang ein wenig zu hoch liegt. Die Übereinstimmung zwischen beobachtetem und theoretischem Wachstum ist im übrigen praktisch exakt. Die rein theoretische Lebensdauer, die man für die erste Kurvenhälfte findet, nämlich 78,5 (73,5 + 5,0) Tage, stimmt auch gut mit der Observation in der Gruppe L_k überein.

II. $M_{13p}L62$.

Der Wachstumsverlauf dieser Kurve wird in prinzipiell gleicher Weise wie bei der vorigen festgestellt. I_1 ist hier 0,34 mm. Der Embryonalzyklus errechnet sich folgendermassen:

$$y = 0{,}6940 \int_{-\infty}^{x} e^{-x^2} \cdot dx;\ x = 3{,}7152 \log t - 2{,}1969;\ I_2 = 1{,}23 \text{ mm}.$$

Für den Grundzyklus wird $t_{0.3}$ mit 6 Tagen, $t_{0.5}$ mit 6 Tagen vom Anfang des dritten Zyklus an festgestellt, und für die erste Kurvenhälfte ergibt sich

$$y = 2{,}1891 \int_{-\infty}^{x} e^{-x^2} \cdot dx;\ x = 1{,}3568 \log t - 1{,}0559;\ I_3 = 3{,}88 \text{ mm}$$

und $t_d = 48{,}0$ Tage.

Ebenso wie vorhin wird nun die Konstante c_2 für die zweite Kurvenhälfte gefunden, $c_2 = -1{,}2350$, und wir finden

$$y = 2{,}0593 \int_{\sim}^{x} e^{-x^2} \cdot dx;\ x = 1{,}3568 \log t - 1{,}2350;\ I_3 = 3{,}65 \text{ mm}$$

und $t_d = 65$ Tage.

Wie aus Abb. 26 (S. 71) hervorgeht, ist die Übereinstimmung zwischen dem theoretischen und dem beobachteten Wachstum gut, doch hat der scharfe Übergang von der ersten zur zweiten Hälfte der beobachteten Kurve theoretisch mit der zur Anwendung gelangten Methodik nicht wiedergegeben werden können. Die rein theoretischen Endwerte, die durch die Berechnung des ersten Kurventeils gefunden worden sind, stimmen gut mit den Beobachtungen in Gruppe M_k überein.

Wie verändert sich nun die Konstante c_2, und gibt es einen Zusammenhang zwischen dieser Veränderung und dem Milieu, das sie hervorgerufen hat?

Um diese Frage zu klären, wird c_2 in den einzelnen Hauptgruppen in der Weise umgerechnet, dass man von den betreffenden Lebensdauerwerten und von dem Wert für c_1 in der Gruppe L_k ausgeht, ein Verfahren, das berechtigt sein dürfte, da, wie oben gezeigt wurde, c_1 durch die Einwirkung des Milieus keine Veränderung erfährt. Ordnet man nun die Hauptgruppen nach zunehmender Lebensdauer (vgl. die nachstehende Tabelle), so sieht man, *dass der numerische Wert der Konstante c_2 von einem rein fördernden (Dunkel) über ein fördernd—hemmendes (Dunkel—Licht) bis zu einem rein hemmenden (Licht) und schliesslich einem hemmend—fördernden (Licht—Dunkel) Milieu ständig zunimmt, und zwar ist diese Zunahme bedeutend kleiner, wenn man die Gruppen M_k, $M_{4g}L$—$M_{10}L$ und $M_{14p}L$ untereinander vergleicht, als wenn man die Gruppen L_k, $L_{5g}M$—L_8M und $L_{17p}M$ miteinander vergleicht, was also bedeutet, dass der Übergang vom hemmenden (Licht) zum günstigen (Dunkel) Milieu stärker auf c_2 einwirkt als die Veränderung in umgekehrter Reihenfolge. Ferner zeigt sich, dass intermittent günstiges Milieu (Dunkel), die Gruppe LML, c_2 stärker verändert als intermittente Hemmung (Licht), die Gruppe MLM. Ein früh einwirkendes günstiges Milieu (Dunkel) bestimmt also die Konstante c_2 und damit die Lebensdauer in höherem Grade, als ein früh hemmendes Milieu (Licht).*

Da, wie oben gezeigt wurde (S. 32), die Lebensdauer unter dem Einfluss günstigen bzw. hemmenden Milieus und bei Milieusveränderungen, je nach der zeitlichen Folge der Milieufaktoren, eine allmähliche, gesetzmässig bestimmte Zunahme erfährt, und da die Konstante c_2, wie aus der Gleichung $c_2 = 1{,}2247 - c_1 \log t_d$ abzulesen ist, eine Linearfunktion des Logarithmus der Lebensdauer ist, zeigt es sich also direkt, *dass die Veränderung der Konstante c_2 gesetzmässig bestimmt und eine direkte Folge dieser speziellen Umweltbedingungen und somit ein Ausdruck der dabei in Erscheinung getretenen Veränderung der Lebensdauer ist.*

	M_k	$M_{14p}L$	$M_{4g}L$—$M_{10}L$	L_k	$L_{5g}M$—L_8M	$L_{17p}M$	MLM	LML
c_2	1,1058	—1,1710	1,1745	1,2098	—1,2697	—1,3715	—1,3020	1,3638

Dies tritt sehr eindrucksvoll und klar zutage, wenn man, von den in der obigen Tabelle angegebenen c_2-Werten ausgehend, Δc_2 berechnet und dies in Beziehung zu Δt_d stellt, wobei wir die betreffenden Werte der Gruppe M_k als Nullpunkt wählen:

	M_k	$M_{14p}L$	$M_{4g}L - M_{10}L$	L_k	$L_{5g}M - L_8M$	MLM	$L_{17p}M$	LML
c_2	0	0,065	0,069	0,104	0,164	0,196	0,266	0,258
t_d	0	8,2	9,4	12,4	21,8	25,1	34,5	34,6

Aus dieser Tabelle geht hervor, *dass die Veränderung von c_2 parallel zu der Veränderung verläuft, welche die Lebensdauer unter den gegebenen Versuchsbedingungen erleidet, und dass Δc_2 eine lineare Funktion von Δt_d ist* (siehe Abb. 27, S. 69).

Diese Analyse hat somit folgendes gezeigt: Die Konstante c_0 wird unter dem Einfluss eines frühen günstigen Milieus bis zu einem gewissen Grade determiniert, während sie unter der Einwirkung eines frühen hemmenden Milieus in höherem Grade beeinflussbar bleibt; die Konstante c_1 bleibt konstant, einerlei, wie sich das Milieu verändert, während die Konstante c_2 bei Wechsel von günstigem zu hemmendem Milieu vor der Pubertät und von hemmendem zu günstigem nach der Pubertät ständig ihren numerischen Wert erhöht und zwar in gesetzmässig bestimmter Weise.

Was besagt nun diese Veränderung von c_2?

Child (1914) zeigte in Versuchen an Planaria velata, dass man durch Hungernlassen das Eintreten des Alterns um über 2 Jahre aufschieben konnte. Entsprechendes sahen Osborne, Mendel und Ferry (1917) bei der Ratte. Ingle (1933) zeigte, dass Daphnia longispina und Moina macrocopa bei schlechten Ernährungsverhältnissen später geschlechtsreif wurden. Ingle, Wood und Banta (1937) erklären: »As late as the eighteenth instar, starved Daphnia are potentially young animals, as indicated by the fact that if the proper environmental conditions are afforded them at that time they exhibit growth, reproductive, heart rate, and instar duration characteristics of relatively young animals. Furthermore, to the experienced worker the appear young and show none of the indications of senescense previously mentioned.» McCay, Maynard, Sperling und Barnes LeRoy (1939) zeigten, dass der Pelz retardierter Ratten jugendlich blieb.

Es ist also wahrscheinlich, dass die Versuchstiere unter diesen experimentellen Bedingungen langsamer als gewöhnlich altern und eine erhöhte Vitalität aufweisen.

Aus der Gleichung für die organische Zeit, $x = c_1 \log t + c_2$, ist zu entnehmen, dass c_2 nicht nur für die Lebensdauer bestimmend ist, sondern auch ausschlaggebend ist für die Geschwindigkeit, mit der sich die organische Zeit x von $-\infty$ nach $\sqrt{\frac{3}{2}}$ bewegt. Da die Konstante c_2 meistens negativ ist, *bedeutet also bei gleichbleibendem c_1-Wert eine numerische Zunahme der Konstante c_2 eine Retardation der Geschwindigkeit, mit der sich der x-Wert auf $\sqrt{\frac{3}{2}}$ hinbewegt, d. h. eine biologisch gesehen wirkliche Verlangsamung des Alterns.* Diese Veränderung des Verlaufs der inneren Zeit hat

keine Veränderung des Fluges der physikalischen Zeit zur Folge, sondern sie lässt sich nur ablesen in der »Verjüngung« bzw. dem Verharren auf einer jugendlicheren Stufe und dem verspäteten Eintritt der Seneszenz, den wir bei den Versuchstieren sehen.

Dies tritt auch im Daphnienmaterial deutlich in Erscheinung. Ordnet man die Gruppen, bei denen eine wirkliche mathematisch-biologische Analyse durchgeführt werden konnte, nämlich M_k, $M_{14p}L$, L_k und $L_{17p}M$, nach der Lebensdauer und setzt die betreffenden Quantengrenzen in Relation zu dem in der oben angegebenen Weise erhaltenen c_2-Wert, so bekommt man:

	M_k	$M_{14p}L$	L_k	$L_{17p}M$
t_1	28,6	33,0	33,8	45,5
t_2	43,9	50,2	52,4	69,3
t_d	62,3	70,5	74,7	96,8
c_2	—1,1058	—1,1710	—1,2098	—1,3715

Aus der Tabelle geht hervor, dass mit der numerischen Zunahme von c_2 eine fortlaufende Verschiebung der Quantengrenzen gegen immer spätere physikalische Zeiten hin Hand in Hand geht. Da, wie weiter oben gezeigt wurde, t_1 mit dem Zeitpunkt der maximalen Jungenproduktion und t_2 mit dem Eintritt der Senilität zusammenfällt, bedeutet dies mit anderen Worten, dass die Versuchsgruppen $M_{14p}L$ und $L_{17p}M$ im Vergleich zu den betreffenden Kontrollgruppen langsamer altern und bedeutend später die demselben organischen Alter entsprechenden physikalischen Zeiten erreichen. Doch gilt dies nicht nur von den Versuchsgruppen, sondern von sämtlichen oben aufgestellten Gruppen, wenn man mit der Gruppe M_k vergleicht. Am stärksten tritt dies hervor, wenn wir die Gruppen M_k und $L_{17p}M$ betrachten. Wie aus der Tabelle ersichtlich ist, hat die Gruppe M_k bereits die der organischen Zeit $x = \sqrt{\frac{2}{2}}$ entsprechende physikalische Zeit von 43,9 Tagen passiert, während die Gruppe $L_{17p}M$ noch nicht die der organischen Zeit $x = \sqrt{\frac{1}{2}}$ entsprechende physikalische Zeit von 45,5 Tagen erreicht hat; wenn die Gruppe $L_{17p}M$ die der organischen Zeit $x = \sqrt{\frac{2}{2}}$ entsprechende physikalische Zeit von 69,3 Tagen erreicht hat, ist die Gruppe M_k schon lange tot. Diese Analyse hat also ebenso wie die direkte Beobachtung vollauf bestätigt, *dass die durch das veränderte Milieu hervorgerufene Veränderung der Konstante c_2 eine Verlangsamung des Alterns bedeutet, wobei Senilität und Tod gegen einen immer späteren Zeitpunkt hin verschoben werden.*

Damit haben die Befunde früherer Forscher nicht nur bestätigt werden können, sondern es hat sich auch die wahrscheinliche Ursache ihrer Resultate angeben lassen.

Quantengrenzen und Sterblichkeit.

Bei der statistischen Berechnung der physiologischen Lebensdauer wie auch bei der nachfolgenden mathematisch-biologischen Analyse des Wachstums mittels der Backmanschen Wachstumsformel war als Arbeitshypothese angenommen worden, dass die vorzeitig gestorbenen Tiere an einer sog. Quantengrenze gestorben seien (siehe oben S. 54). Diese Annahme fand eine gewisse Bestätigung durch die Ergebnisse der Analyse. Ein schlüssiger Beweis für ihre Richtigkeit konnte jedoch in dem betreffenden Zusammenhang nicht erbracht werden, ebenso wenig wie die biologische Bedeutung der Quantengrenzen als klargestellt gelten konnte. Zwar haben Backman und Walander in ihren Arbeiten nachweisen können, dass beim Passieren der Quantengrenzen gewisse biologische Veränderungen auftreten, doch ist das kein schlüssiger Beweis dafür, dass die Quantengrenzen eine reale biologische Bedeutung haben und dass ein wirklicher Kausalzusammenhang vorhanden ist. Backman (1940) hebt auch nur hervor, dass die Quantengrenzen gewissen grossen biologischen Veränderungen *entsprächen*.

Wenn es überhaupt Quantengrenzen gibt und diese eine biologische Wirkung ausüben, muss das Passieren solcher Grenzen sich in einer erhöhten Empfindlichkeit gegenüber verschiedenen Einflüssen und besonders gegenüber ungünstigen äussern. Backman (1939 d) schreibt: »Ich denke mir das Leben aus einer unendlichen Reihe solcher Lebensquanten aufgebaut ... Bei den allermeisten Organismen tritt mit Beendigung des dritten Lebensquantums nach der Reife der 'natürliche' Tod ein. — Ich behaupte, dass die Anfügung der Lebensquanten aneinander eine 'brüchige' ist, und dass der Organismus besonders leicht an diesen Bruchstellen (d. h. Quantengrenzen) verschwindet ..., m. a. W. beim Übergang von einem Lebensquantum zu einem zweiten ist der Organismus besonders empfindlich.» Demgemäss müsste man also gerade an der Quantengrenze oder in ihrer unmittelbaren Nähe eine erhöhte Sterblichkeit finden.

Wie verhält es sich nun damit?

Berechnet man unter Zugrundelegung der beobachteten Lebensdauer-Werte der Gruppe L_k, und zwar nur der Versuchstiere 1—34, da diese eine erste gemeinsame Kontrollgruppe bilden, die Anzahl der überlebenden Tiere in Prozent der Gesamtzahl für jede Zehntageperiode, so ergibt sich ein Diagramm von dem bekannten Aussehen (siehe Abb. 28, S. 77), mit ziemlich regelmässigem Verlauf, der sich mit der Wachstumsformel gut wiedergeben lässt: $x = c_1 \log (t_d - t) + c_2$, $c_1 = 2{,}8245$, $c_2 = -4{,}3613$ und

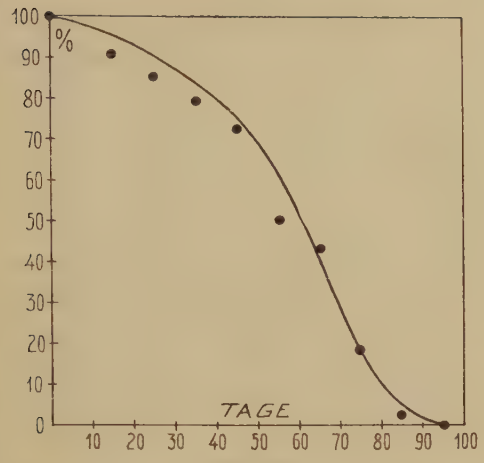

Abb. 28.

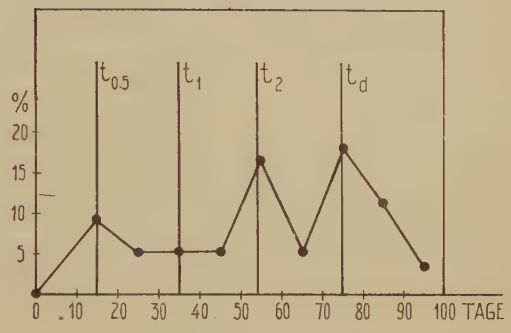

Abb. 29.

Abb. 28. Die Zahl der Überlebenden unter hundert geborenen Daphnien, nebst dem theoretisch berechneten Verlauf.

Abb. 29. Die prozentuale Sterblichkeitsfrequenz bei Daphnia magna, L_k 1—34, nebst der Lage der einzelnen Quantengrenzen. Der Grundzyklus beginnt 5,6 Tage nach dem Eintritt der Eier in die Eikammer, deshalb ist $t_{0,5} = 15$, $t_1 = 35{,}4$, $t_2 = 53{,}7$ und $t_d = 75$ Tagen, vom Eintritt der Eier in die Eikammer an gerechnet; $c_1 = 1{,}4105$, $c_2 = -1{,}3726$.

$I = 104{,}34$ %. Berechnet man statt dessen die Anzahl der gestorbenen Tiere in jeder Zehntageperiode in Prozent der Gesamtzahl, $\frac{x \cdot A}{100} = n$, in welcher Formel A die ursprüngliche Anzahl und n die Anzahl der gestorbenen in jeder Periode bedeutet, so bekommt man ein Diagramm von ganz anderem Aussehen (siehe Abb. 29, S. 77). Man sieht hier zu gewissen Zeiten ausserordentlich markante Spitzen, die eine erhöhte Sterblichkeit ausweisen. Nehmen wir nun an, dass die erste Spitze die Lage der Pubertät, $t_{0.5}$, und die letzte das physiologische Lebensende, t_d, angibt, was in guter Übereinstimmung mit den Ergebnissen der früheren Analysen steht, und berechnen wir, von diesen Daten ausgehend, in der gewohnten Weise die Konstanten $c_1 = 1{,}4105$, $c_2 = -1{,}3726$ (der Grundzyklus beginnt am 5,6. Tag, deshalb $t_{0.5} = 9{,}4$ Tage und $t_d = 69{,}4$ Tage, gerechnet vom Beginn des Grundzyklus), und berechnen danach die Lage von t_1 und t_2, so finden wir, dass t_1 zwar nicht mit einem Zeitpunkt erhöhter Sterblichkeit zusammenfällt ($t_1 = 35{,}4$ Tage), t_2 ($= 53{,}7$ Tage) sich aber praktisch genau mit der vorletzten Sterblichkeitsspitze deckt.

Das Material ist jedoch zu klein, um zu bestimmten Schlussfolgerungen zu berechtigen. Bearbeitet man statt dessen McArthur und Baillies (1929 a) Daphnienmaterial von 1006 Individuen (18°-Material, Weibchen) in derselben Weise, so findet man die allerschönste Übereinstimmung zwischen der Lage der Quantengrenzen und dem Auftreten der Perioden erhöhter Sterblichkeit ($c_1 = 1{,}3201$, $c_2 = -1{,}1552$, $t_{0.3} = 4{,}5$, $t_{0.5} = 12{,}0$, $t_1 = 30{,}3$, $t_2 = 47{,}4$ und $t_d = 68{,}0$ Tage, gerechnet vom Eintritt der Eier in die Eikammer). McArthur und Baillie geben an, dass

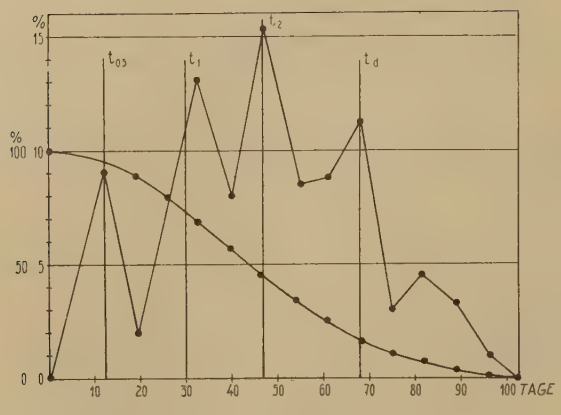

Abb. 30.

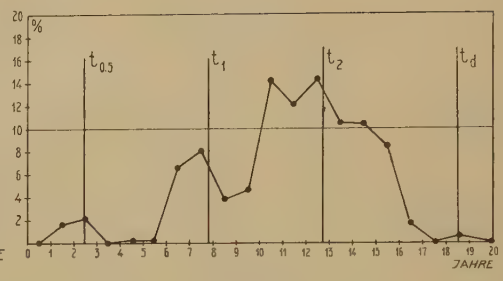

Abb. 31.

Abb. 30. Die Anzahl der Überlebenden von 100 geborenen nebst der prozentualen Sterblichkeitsfrequenz bei Daphnia magna (nach McArthur und Baillie, 1929 a, Weibchen, 18°-Material), sowie die Lage der einzelnen Quantengrenzen. Der Grundzyklus beginnt 4,5 Tage nach dem Eintritt der Eier in die Eikammer, deshalb ist $t_{0,5} = 12$, $t_1 = 30{,}3$, $t_2 = 47{,}4$ und $t_d = 68{,}0$ Tage, vom Eintritt der Eier in die Eikammer an gerechnet; $c_1 = 1{,}3201$, $c_2 = -1{,}1552$.

Abb. 31. Die prozentuale Sterblichkeitsfrequenz bei Siliqua patula (nach Weymouth und McMillin, 1930, »Hallo Bay«), nebst der Lage der Quantengrenzen. Der Grundzyklus soll den ganzen Lebensverlauf umfassen, deshalb ist $t_{0,5} = 2{,}5$, $t_1 = 7{,}9$, $t_2 = 12{,}8$ und $t_d = 18{,}5$ Jahre; $c_1 = 1{,}4088$, $c_2 = -0{,}5606$.

der erste Wurf am 12. Tag schlüpft, was also genau mit der ersten Sterblichkeitsspitze übereinstimmt (siehe Abb. 30, S. 78). Die mittlere Lebensdauer wird mit 44,73 Tagen angegeben.

Wie man sieht, ist als Mass der Lebensdauer ein anderer als der von McArthur und Baillie angegebene Wert benutzt worden. Ihr Wert ist ein Durchschnittswert, der unter Einbeziehung sämtlicher Tiere der Versuchsgruppe berechnet ist, weshalb diesem Wert aus den weiter oben angegebenen Gründen keine grössere Bedeutung zuerkannt werden kann, da er nicht die wirkliche physiologische Lebensdauer zum Ausdruck bringt. Der bei der vorliegenden Berechnung gefundene Wert von 68,0 Tagen stimmt dagegen gut mit dem Wert der Lebensdauer überein, der bei der mathematischen Analyse für die Gruppe L_k erhalten worden ist (siehe übrigens oben, S. 60, über affines Wachstum). Bemerkenswert ist, dass wir in diesem Material denselben Wert für c_1 wiederfinden, der sich bei der Analyse der Wachstumskurven ergeben hatte, was also eine weitere Stütze für die Unveränderlichkeit von c_1 ist.

Aus diesen Analysen können wir somit folgende Schlüsse ziehen:

1. *Das Passieren einer Quantengrenze bedeutet für den Organismus eine wirkliche biologische Veränderung, die u. a. in einer erhöhten Sterblichkeit an der Quantengrenze zum Ausdruck kommt.*

2. *Diese erhöhte Sterblichkeit ist mit dem Wachstum selbst eng verbunden.*

Diese Gesetze müssen selbstverständlich allgemeine Gültigkeit haben, solange

wir uns an den sämtlichen Metazoen gemeinsamen und wichtigen dritten Zyklus halten.

Weymouth und McMillin (1930) haben für Siliqua patula (Hallo Bay), deren Wachstum Backman analysiert hat und das den gewöhnlichen Wachstumsgesetzen gehorcht, eine Sterblichkeitsstatistik angegeben. Rechnet man dieses Material in der oben angegebenen Weise um, so ergibt sich auch hier eine gute Übereinstimmung zwischen der Lage der Quantengrenzen und der Sterblichkeitsspitzen (siehe Abb. 31, S. 78). $t_{0.5}$ kommt dabei an den Zeitpunkt 2,5 Jahre zu liegen. Weymouth und McMillin geben als Zeit des Eintritts der Geschlechtreife 2—4 Jahre an. Bei seiner Analyse des Wachstums fand Backman die Zeit der Geschlechtsreife mit 3,46 Jahren, den Eintritt des Todes mit 18,5 Jahren, was gerade die Zeit der letzten Sterblichkeitsspitze ist. Die übrigen Quantengrenzen fand Backman mit $t_1 = 9{,}1$ Jahren und $t_2 = 13{,}6$ Jahren nach der Befruchtung. In meiner Analyse finde ich für t_1 den Wert 7,9 und für t_2 12,8 Jahre. Die Differenz zwischen Backmans und meinen Werten ist ziemlich mässig und kann mehrere Ursachen haben. Einer der Gründe kann darin liegen, dass zwischen beobachteten und theoretischen Daten, wie Backman bemerkt, eine systematische Abweichung besteht, die darauf zurückzuführen ist, dass das Wachstum, trotzdem mit Bestimmtheit ein Embryonalzyklus vorhanden ist, doch in Ermangelung früher Daten mit einem einzigen Zyklus wiedergegeben werden musste. Ein anderer Grund kann darin zu erblicken sein, dass das beobachtete Wachstum aus einer fortlaufend kleiner werdenden Individuenzahl berechnet ist, was, wie weiter oben dargelegt, vermutlich kein richtiges Bild von dem wahren Durchschnittswachstum gibt.

Der Arbeit von Jennings und Lynch (1928) über die Sterblichkeit von Proales sordida, die sich parthenogenetisch fortpflanzt, entnehme ich die Angabe, dass die Mortalität vor der Geschlechtsreife niedrig ist, während dieser ansteigt, dann wieder abfällt, um schliesslich stark anzusteigen. Berechnet man aus diesem Material die prozentuale Sterblichkeit in verschiedenem Alter, so zeigen sich deutliche Spitzen. Nimmt man die erste Spitze als Entsprechung der Geschlechtsreife und die letzte als Ausdruck der physiologischen Sterblichkeit an, so ergibt sich eine gute Übereinstimmung zwischen der Lage der übrigen Quantengrenzen und Sterblichkeitsspitzen (siehe Abb. 32, S. 80). Die mittlere Lebensdauer wird mit 7,68 Tagen angegeben.

Pearl und Parker (1921, 1923) und Pearl (1922) haben hervorgehoben, dass die Sterblichkeit des Menschen und die von Drosophila denselben fundamentalen Gesetzen unterliege. Pearl und Doering (1923) dehnten den Vergleich auf Proales decipiens aus. Als Ausgangspunkt der Sterblichkeitskurven wählten sie das Alter, »where the instantaneous death rate q is a minimum». Bei Drosophila ist dies ein Alter von 1 Tag, d. h. gerade der Anfang des Daseins als Imago, beim Menschen ein Alter von 12 Jahren. Für Proales ist kein genauerer Wert angegeben. Die Zeitspanne, die der Vergleich umfasst, lässt sich mit einem gewissen Vorbehalt gerade als der Grundzyklus annehmen.

Um zu untersuchen, ob bei Drosophila, über deren Wachstum im Puppen- und

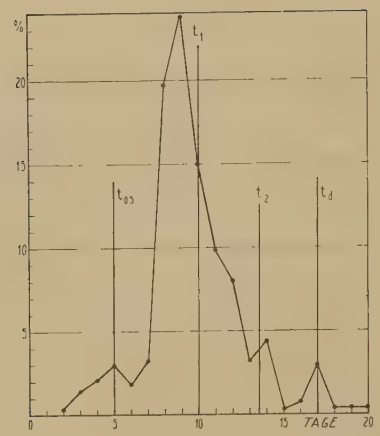

Abb. 32.

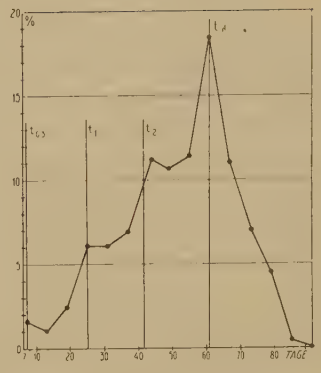

Abb. 33.

Abb. 32. Die prozentuale Sterblichkeitsfrequenz bei Proales sordida *L* (nach Jennings und Lynch, 1928), nebst der Lage der Quantengrenzen. Da Daten über das Wachstum fehlen, wird angenommen, dass der Grundzyklus den ganzen Lebensablauf umspannt, deshalb ist $t_{0,5} = 5$, $t_1 = 10{,}1$, $t_2 = 13{,}6$ und $t_d = 17{,}0$ Tage; $c_1 = 2{,}3042$, $c_2 = -1{,}6106$.

Abb. 33. Die prozentuale Sterblichkeitsfrequenz bei Drosophila (nach Pearl und Parker, 1929, »Wild type, Line 107, females»), nebst der Lage der Quantengrenzen. Der Grundzyklus soll auch das Puppenstadium umfassen und beginnt daher 7 Tage vor dem Eintritt in das Imago-Stadium, deshalb ist $t_{0,5} = 8$, $t_1 = 26{,}1$, $t_2 = 42{,}6$ und $t_d = 62{,}0$ Tage, vom Beginn des Puppenstadiums an gerechnet; $c_1 = 1{,}3772$, $c_2 = -1{,}2437$.

Imagostadium keine Daten vorliegen, weshalb also nicht bekannt ist, ob die gewöhnlichen Wachstumsgesetze hier gelten, ein Zusammenhang zwischen Quantengrenzen und Sterblichkeit besteht, ist die von Pearl und Parker (1924) angegebene Sterbestatistik ausgewertet worden, nämlich »Wild type, Line 107 females». Bei der Berechnung der Konstanten wurde angenommen, dass der 3. Zyklus mit dem Puppenstadium beginnt. Nach Bauer und Timoféeff-Ressovsky (1939) dauert dieses unter optimalen Verhältnissen etwa eine Woche, worauf die fertigen Fliegen schlüpfen und nach einem weiteren Tage mit der Eiablage beginnen. $t_{0.5}$ wurde also 7—8 Tage sein. Aus der Abbildung 33 (S. 80) ersieht man die sehr gute Übereinstimmung zwischen der Lage der Quantengrenzen und den Perioden erhöhter Sterblichkeit. Die mittlere Lebensdauer wird für Pearl u. Parkers Material mit 45,4 Tagen angegeben.

Aus Pearl und Miners (1936) Untersuchungen über die Sterblichkeit eines Schmetterlings, Acrobasis caryae (Daten von Bilsing, 1927), berechne ich in derselben Weise wie oben die Lage der Quantengrenzen im Verhältnis zu den Sterblichkeitsspitzen, und zwar unter Verwendung der Serie »Third generation, 1923 ♀♀», die von Pearl und Miner als die richtigste angesehen wird. Pearl und Miner geben an, das Puppenstadium daure etwa 9 Tage, worauf nach 4—5 Tagen die Eiablage beginne. Da hier über das Wachstum nichts bekannt ist, gelten dieselben Vorbehalte wie bei Drosophila, und als den dritten Zyklus habe ich Puppen- und

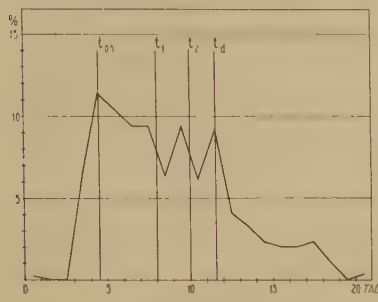

Abb. 34.

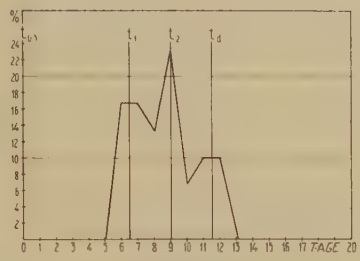

Abb. 35.

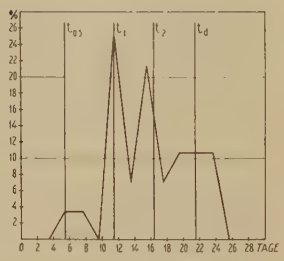

Abb. 36.

Abb. 34. Die prozentuale Sterblichkeitsfrequenz bei Acrobasis caryae (nach Pearl und Miner, 1936, »the third generation, females»), nebst der Lage der Quantengrenzen. Der Grundzyklus soll auch das Puppenstadium umfassen und beginnt daher 9 Tage vor dem Eintritt in das Imago-Stadium, deshalb ist $t_{0,5} = 4{,}5$, $t_1 = 8{,}0$, $t_2 = 10{,}0$, und $t_d = 11{,}5$ Tage, vom ersten Tag des Imago-Stadiums an gerechnet; $c_1 = 6{,}7506$, $c_2 = -7{,}6304$.

Abb. 35. Die prozentuale Sterblichkeitsfrequenz bei Samia cecropia (nach Rau und Rau, 1914, »St Louis, River des Peres, 1913, Mated females»), nebst der Lage der Quantengrenzen. Der Grundzyklus soll auch das Puppenstadium, 312 Tage, umfassen, deshalb ist $t_{0,5} = 0$, $t_1 = 6{,}5$, $t_2 = 9{,}0$ und $t_d = 11{,}5$ Tage, vom ersten Tage des Imago-Stadiums an gerechnet; $c_1 = 76{,}5680$, $c_2 = -190{,}9510$.

Abb. 36. Die prozentuale Sterblichkeitsfrequenz bei Moina rectirostris (nach Walander, 1940), nebst der Lage der Quantengrenzen. Der Grundzyklus soll 1 Tag nach dem Eintritt der Eier in die Eikammer beginnen, deshalb ist $t_{0,5} = 5{,}2$, $t_1 = 11{,}5$, $t_2 = 16{,}3$ und $t_d = 21{,}5$ Tage, vom Eintritt der Eier in die Eikammer an gerechnet; $c_1 = 1{,}7811$, $c_2 = -1{,}1118$.

Imagostadium zusammen angenommen, weshalb zu sämtlichen Daten 9 Tage hinzugefügt worden sind. Wie aus Abb. 34 (S. 81) hervorgeht, ist die Übereinstimmung zwischen der Lage der Quantengrenzen und den beobachteten Sterblichkeitsspitzen ziemlich gut. Auf Grund ihrer Analysen erklären Pearl und Miner: »There is reason to believe that the special factor producing the peculiarities of the death rate curves in the Acrobasis life tables is connected with the sexual life of the moths... From an examination of Table 3 it is apparent that the sharp rise of the q_x curve occurs in each case at almost exactly the time when oviposition is beginning, on the average. — Especially is it to be noted in the case of the third generation moths, where the beginning of oviposition is delayed as compared with the other generations, there is a corresponding lag in the rapid rise of mortality. It seems evident, so far as the female is concerned, that the beginning of oviposition is accompanied by a heavy mortality.» Wir finden also in dieser Beziehung eine Übereinstimmung mit den früheren Beobachtungen. Die mittlere Lebensdauer wird mit 6,31 Tagen angegeben.

Aus den von Rau und Rau (1914) veröffentlichten Sterblichkeitstabellen für den Schmetterling Samia cocropia, St. Louis, River des Peres, 1913, wird in der üblichen Weise die prozentuale Sterblichkeit in verschiedenem Alter der Gruppe »Mated ♀'s» berechnet, wobei, wie Abb. 35 (S. 81) zeigt, drei markante Spitzen hervortreten. Rau und Rau geben die Dauer des Puppenstadiums mit 312—324 Tagen an, und

beim Verlassen des Kokons sollen die Eier schon fertiggebildet sein, so dass also die Imago damit geschlechtsreif ist. Der Zeitpunkt des Beginns der Eiablage wechselt und richtet sich offenbar nach mehreren Faktoren, u. a. danach, ob Kopulation stattfindet oder nicht. Berechnet man nun die Lage der Quantengrenzen, wobei die letzte Sterblichkeitsspitze t_d und die erste t_1 repräsentiert und wobei als dritter Zyklus das Puppenstadium, 312 Tage, und das Imagostadium zusammen angenommen wurden, mit demselben Vorbehalt wie bisher in bezug auf das Wachstum, so findet man für $t_{0.5}$ 312 Tage, d. h. den 0. Tag des Imagostadiums, und für t_2 321 Tage, d. h. den 10. Tag des Imagostadiums. Wie aus Abb. 35 (S. 81) ersichtlich, ist die Übereinstimmung zwischen Quantengrenzen und Sterblichkeitsspitzen exakt, abgesehen von $t_{0.5}$, an welchem Zeitpunkt keine Sterblichkeit beobachtet worden ist. In diesem Fall kann die Übereinstimmung eine zufällige sein, teils da das Material sehr klein ist, und teils weil die Puppenzeit so stark in die Länge gezogen ist, was gewöhnlich darauf zurückzuführen ist, dass die Puppe längere oder kürzere Zeit in einem Zustand der Ruhe lebt, während dessen keine Veränderungen eintreten. Unter allen Umständen bietet aber die Übereinstimmung doch eine gewisse Stütze für die Richtigkeit der Auffassung von dem Zusammenhang zwischen Quantengrenzen und Sterblichkeitsmaxima. Die mittlere Lebensdauer wird mit 8,9 Tagen angegeben.

Schliesslich ist eine ähnliche Untersuchung unter Auswertung von Walanders (1940) Arbeit über das Wachstum von Moina rectirostris gemacht worden. Berechnet man die Sterblichkeitsfrequenz in der bekannten Weise, so treten 4 distinkte Spitzen hervor. Lässt man die letzte Spitze der Quantengrenze t_d entsprechen und die zweite Spitze der Grenze t_1, und bestimmt man die Lage der übrigen Quantengrenzen daraus, wobei angenommen wird, dass der Grundzyklus 1 Tag nach dem Eintritt der Eier in die Eikammer, den Walander in den von ihm analysierten Fällen am 0. bis 3. Tag gefunden hat, beginnt, so findet man eine ausgezeichnete Übereinstimmung der Lage der Quantengrenzen und den betreffenden Sterblichkeitsspitzen (siehe Abb. 36, S. 81). Die Zeit $t_{0,5}$ des Grundzyklus ist dann nach 5,2 Tagen erreicht, vom Eintritt des Eies in die Eikammer an gerechnet, was gut mit Walanders Befund übereinstimmt, dass der erste Wurf durchschnittlich am 6. Tag schlüpft. Die mittlere Lebensdauer gibt Walander mit 14 Tagen an, vom Eintritt des Eies in die Eikammer an gerechnet.

In sämtlichen bisher analysierten Fällen hat also dieselbe Feststellung gemacht werden können.

Beim Menschen haben sich diese Perioden erhöhter Sterblichkeitsfrequenz dagegen nicht wiederfinden lassen. Hierfür kann man jedoch vielleicht eine Erklärung finden. Bekanntlich spielt die Vererbung eine sehr grosse Rolle für die Lebensdauer des Individuums. Es ist also selbstverständlich, dass in einer betreffs der Vererbung so inhomogenen Population, wie sie der Mensch darstellt, die physiologische Lebensdauer in ziemlich weiten Grenzen schwankt. Daraus folgt, dass die Quantengrenzen der einzelnen Individuen zu höchst verschiedenen Zeitpunkten erreicht werden, dass somit eine sehr grosse Streuung zu verzeichnen ist. Da bei der Berechnung der Sterb-

lichkeitstafeln des Menschen eine sehr grosse Zahl von Individuen zugrunde gelegt wird, werden sich also die Quantengrenzen ziemlich gleichmässig über die ganze Sterblichkeitskurve verteilen, weshalb keine besonderen Häufigkeitsspitzen hervortreten können. Allzu grosse Populationen, zudem hereditär inhomogenen Materials, können also bei statistischer Bearbeitung charakteristische Veränderungen des Verlaufs verwischen.

Es liegen jedoch Beobachtungen vor, laut denen solche Spitzen vorkommen; so geben Dublin und Lotka (1936) das Alter von etwa 72 Jahren als die Zeit des höchsten Sterblichkeitsrisikos bei einer Reihe von Krankheiten an, ferner finden sie die höchste Gesamtsterblichkeit bei 75 Jahren und anscheinend einen Stillstand zwischen 54 und 61 Jahren.

Wir können also vermuten, *dass der Mensch vielleicht keine Ausnahme von den oben angegebenen Regeln bildet, vor allem deshalb, weil, wie* Backman *gezeigt hat, der Mensch denselben Wachstumsgesetzen unterliegt wie die übrigen Organismen, sowie weil, wie* Pearl *und* Parker *hervorgehoben haben, die Sterblichkeit des Menschen denselben Grundgesetzen gehorcht wie die von Drosophila.*

Man kann sich nun fragen, ob die durch diese Berechnungen gefundenen Sterblichkeitsspitzen echte Maxima oder aber zufällig bedingt sind. Dass in einem kleinen Material Zufälligkeiten eine grosse Rolle spielen können, ist selbstverständlich. Da man aber diese Spitzen etwa zu denselben Zeitpunkten auch in dem bedeutend grösseren Material von McArthur und Baillie wiederfindet, ist es sehr wenig wahrscheinlich, dass in diesem Falle Zufälligkeiten eine grössere Rolle spielten. Dafür sprechen auch Untersuchungen von Nagai (1928), Matsumura (1925, zit. nach Nagai), Hasebe (zit. nach Nagai), Yoishida (1926, zit. nach Nagai) und Kappers (1934) über verschiedene anthropologische Charakteristika, deren Frequenzkurven solche Spitzen aufweisen, die von den genannten Autoren wegen der Beständigkeit, mit der sie auftreten, nicht für zufällig bedingt gehalten werden, obgleich die Differenz zwischen den einzelnen Spitzen klein ist, sondern diese auf wirkliche physiologische Ursachen zurückführen. Man dürfte deshalb begründete Veranlassung haben, die Sterblichkeitsspitzen als echte Maxima anzusehen, die von durch das Wachstums bedingten physiologischen Prozessen hervorgerufen sind.

Aus der obigen Analyse geht noch eins hervor, nämlich dass die mittlere Lebensdauer in keinem Zusammenhang mit der physiologischen Lebensdauer steht, sondern sehr stark durch die an den Quantengrenzen zu verzeichnenden Perioden erhöhter Sterblichkeit beeinflusst ist.

Im übrigen ist es selbstverständlich, dass diese Sterblichkeitsspitzen um so weniger hervortreten werden und dass die Übereinstimmung zwischen der Lage der Quantengrenzen und den Sterblichkeitsspitzen um so ungenügender sein wird, je unreiner ein Material vom rassischen Gesichtspunkt aus ist. Andererseits wird die Übereinstimmung um so vollständiger sein, je grösser die genetische Einheitlichkeit der Population ist.

Wir finden auch eine völlig exakte Übereinstimmung zwischen Quantengrenzen und Sterblichkeitsspitzen bei dem ausserordentlich gut beobachteten, hereditär

völlig homogenen Daphnienmaterial. Bei Proales sordida, die sich gleich Daphnia parthenogenetisch vermehrt und also ebenfalls genetisch einheitlich ist, findet man eine weniger gute Übereinstimmung. Die Erklärung muss in einer mangelnden Genauigkeit der Beobachtung zu suchen sein, wie Pearl und Doering (1923) zu Miss Noyes Untersuchung bemerken: »... The observations were taken only once in 24 hours, an interval far too long to give a smooth curve for an animal having a maximum total life span of only about eight days. This fact makes the construction of a life table more difficult and much more less accurate than if the observations had been more closely spaced. It is as though one tried to construct a life table for man from data as to age at death recorded only to the nearest decade.» Eine andere Ursache der weniger guten Übereinstimmung kann darin zu suchen sein, dass die Lage dieser Quantengrenzen aus der ganzen Lebensdauer berechnet sind, da keine Angaben über den Beginn des Grundzyklus vorliegen.

Bezüglich Siliqua patula ist nichts über den genetischen Hintergrund bekannt, da aber das Material an seinem natürlichen Aufenthaltsort gesammelt worden ist, wird es mit Bestimmtheit nicht genetisch einheitlich sein, was sich auch in dem Verhältnis zwischen Sterblichkeitsspitzen und Quantengrenzen sowie in dem Aussehen der Sterblichkeitsspitzen widerspiegelt.

Bei Drosophila dürfen wir jedoch mit einem genetisch recht einheitlichen Material rechnen. So geben Pearl und Parker (1924) an, dass »Wild type, Line 107» durch Inzucht erhalten wurde. Dies spiegelt sich auch in der in beiden Fällen sehr guten Übereinstimmung zwischen Quantengrenzen und Sterblichkeitsspitzen sowie in dem markanten Hervortreten der Sterblichkeitsspitzen wider.

Für Acrobasis caryae liegen keine Angaben über die genetischen Verhältnisse vor, doch lässt die nur ziemlich gute Übereinstimmung zwischen Quantengrenzen und Sterblichkeitsspitzen möglicherweise darauf schliessen, dass das Material hereditär heterogen war. Eine andere Ursache der mangelnden Übereinstimmung kann darin liegen, dass, wie es oben für Proales erwähnt wurde, die Intervalle zwischen den Beobachtungen für einen Organismus mit einer mittleren Lebensdauer von nur 5,31 Tagen zu gross waren.

Dasselbe gilt in bezug auf Samia cecropia, bei der, obwohl die Übereinstimmung zwischen Quantengrenzen und Sterblichkeitsspitzen ausgezeichnet ist, auch andere Umstände hinzutreten, wie die Länge der Puppenzeit, was die Beurteilung weiter kompliziert und erschwert.

Moina rectirostris dagegen bietet dank ihrer parthenogenetischen Fortpflanzung ein hereditär einheitliches Material. Dies kommt auch in der guten Übereinstimmung zwischen Quantengrenzen und Sterblichkeitsspitzen zum Ausdruck, obwohl bei der Kleinheit des Materials und der kurzen Lebensdauer, bei der Beobachtungen in Abständen von 24 Stunden vermutlich kein vollständiges Bild des Verlaufs geben können, die Sicherheit des Befundes nicht gewährleistet ist.

Wie wir sehen, dürfte es mit Hilfe dieses Verfahrens vielleicht möglich sein zu entscheiden, welche Reinheit ein Material vom Gesichtspunkt der Vererbung aus hat, was für eine exakte Analyse der biologischen Verhältnisse von Bedeutung sein kann.

Schliesslich hat diese Analyse die Annahme bestätigt, *dass gewisse Versuchstiere wirklich vorzeitig gestorben sind und dass der Tod in diesen Fällen gerade an einer Quantengrenze eingetreten ist, sowie dass die hier angewandte mathematische Analyse wirklich die Wiedergabe der Lebensdauer und der Endgrösse, welcher der Organismus physiologisch zustrebt, ermöglicht hat, was der Ausgangspunkt sowohl der statistischen als der mathematisch-biologischen Analyse des Versuchsmaterials war.*

Zusammenfassung.

Die vorliegende Arbeit, die ein Beitrag zur Frage nach der Bedeutung des Milieus für das Wachstum sein will, untersucht das Wachstum und die damit zusammenhängenden Lebensäusserungen bei Daphnia magna. Dieses Versuchstier pflanzt sich unter gewissen Bedingungen nur parthenogenetisch fort, so dass sämtliche Individuen als identische Zwillinge anzusehen sind. Es eignet sich deshalb vorzüglich für eine Analyse der Veränderungen, die durch wechselnde Umweltbedingungen hervorgerufen werden, da eine jede derartige Veränderung sich ausschliesslich auf das Milieu zurückführen lässt.

Den Ausgangspunkt dieser Untersuchung bildet die Feststellung, dass Dunkel das Wachstum und den Lebensablauf bei Daphnia magna einschneidend zu beeinflussen vermag, verglichen mit Wachstum und Lebensablauf von im Licht lebenden Daphnien. Hiervon ausgehend, ist das Versuchsmaterial, im ganzen etwa 300 Tiere, in 6 Gruppen aufgeteilt worden:

1) Eine Gruppe, welche die ganze Zeit im Licht gelebt hat, L_k, Lichtkontrollen.
2) Eine Gruppe, welche die ganze Zeit im Dunkel gelebt hat, M_k, Dunkelkontrollen.
3) Eine Gruppe, die zuerst im Licht und dann im Dunkel gehalten worden ist, LM. Diese Gruppe ist in mehrere Unterabteilungen gegliedert worden, und die einzelnen Untergruppen blieben verschieden lange Zeit im Licht, doch längstens bis zur Pubertät.
4) Eine Gruppe, die zuerst im Dunkel und dann im Licht gehalten worden ist, ML. Diese Gruppe ist wie die vorige in Unterabteilungen gegliedert, und jede Subgruppe hat verschieden lange Zeit im Dunkel gelebt, doch längstens bis zur Pubertät.
5) Eine Gruppe, die bis zur Geburt im Licht, dann eine bestimmte Zeitspanne im Dunkel und dann wieder im Licht gehalten worden ist, LML. Die einzelnen Untergruppen wurden verschieden lange dem Licht ausgesetzt, doch längstens bis zum 23. Tage.
6) Eine Gruppe, die bis zur Geburt im Dunkel, dann eine bestimmte Zeitspanne im Licht und dann wieder im Dunkel gehalten worden ist, MLM. Die Untergruppen lebten verschieden lange Zeit im Licht. doch höchstens bis zum 23. Tage.

Sämtliche Versuchstiere sind täglich beobachtet worden, und zwar wurde teils die Körperlänge gemessen, teils wurden wichtige biologische Daten registriert, so das Auftreten der ersten Eierstöcke, der Eintritt der Eier in die Eikammer, das

Schlüpfen der einzelnen Würfe, die Zahl der Jungen in jedem Wurf, das Auftreten von Alterserscheinungen, Krankheiten und Todesursachen.

Alle diese Beobachtungen sind statistisch bearbeitet worden. Da es den physiologischen Lebensverlauf zu erforschen galt, sind diejenigen Tiere ausgeschlossen worden, die nach Massgabe der Beobachtungen vorzeitig gestorben sind. Bei der weiteren Analyse sind die Ergebnisse der Untersuchungen anderer Forscher über den Einfluss der Kost und der Temperatur auf das Wachstum zur Vergleichung in die Diskussion einbezogen worden.

Sämtliche beobachteten Wachstumskurven sind ferner, soweit es möglich war, mit Hilfe der Backmanschen Formel für das Wachstum

$$y = c_0 \int_{-\infty}^{x} e^{-x^2}\, dx \quad \ldots\ldots\ldots \text{(Wachstum)}$$

$$x = c_1 \log t + c_2 \quad \ldots\ldots\ldots \text{(Organische Zeit)}$$

einer mathematisch-biologischen Analyse unterzogen worden, wobei die Konstanten der Funktion aus dem beobachteten Wachstum bestimmt sind.

Schliesslich ist der Zusammenhang zwischen Backmans sog. Quantengrenzen und der Sterblichkeit untersucht worden.

Bei der mathematisch-biologischen Analyse der Wachstumskurven kam, wie gesagt, die von Backman aufgestellte Wachstumsformel zur Anwendung. Einer der wichtigsten Begriffe dieser Funktion ist die organische Zeit, von Backman als die »Eigenzeit der Organismen» definiert. Diese Eigenzeit des Organismus ist nach Backman bei verschiedenen Individuen nicht verschieden, sondern bei allen ein und dieselbe. Der Unterschied in der Lebensdauer, der hinsichtlich der physikalischen Zeit bei verschiedenen Organismen festzustellen ist, würde demnach ausschliesslich auf die unterschiedliche »Übersetzung» der organischen in die physikalische Zeit bei den verschiedenen Organismen zurückzuführen sein.

Da es sich schon früh zeigte, dass bei weit verschiedenen Organismen die Geschlechtsreife mit der organischen Zeit $x = \sqrt{\frac{0}{2}}$ und der Tod mit der organischen

$$x^2 = \frac{0}{2}, \frac{1}{2}, \frac{2}{2}, \frac{3}{2} \cdots \frac{n}{2}$$

Zeit $x = \sqrt{\frac{3}{2}}$ zusammenfällt, nahm Backman an, dass die Werte

eine wichtige biologische Rolle spielen. Die Differenz zwischen diesen Werten, von Backman als Lebensquantum definiert, ist immer konstant und gleich $\frac{1}{2}$.

Den Übergang von einem Lebensquantum zu einem andern nennt Backman Quantengrenze, und nach zahlreichen Analysen hat er einen Zusammenhang zwischen dem biologischen Geschehen und bestimmten Quantengrenzen festgestellt, nämlich

dass »*das Grundwachstum des Körpers so verläuft, dass die organischen Zeiten* $x = \sqrt{\frac{0}{2}}$, $\sqrt{\frac{1}{2}}$, $\sqrt{\frac{2}{2}}$, $\sqrt{\frac{3}{2}}$ *grossen biologischen Veränderungen, wie Reife, allgemeiner Senilität, absoluter Senilität und Tod entsprechen*».

Die durch Analyse des statistisch bearbeiteten Materials gewonnenen Hauptergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

1) *Ebenso wie voll ausreichende Nahrung, begünstigt auch Dunkel das Wachstum und erhöht die Endgrösse, während es die Lebensdauer abkürzt. Licht verzögert wie Hunger das Wachstum, vermindert die Endgrösse, vergrössert aber die Lebensdauer. Wird das Versuchstier erst einem hemmenden und dann einem fördernden Faktor ausgesetzt, so bleibt, falls die Hemmung nicht zu sehr ausgedehnt wird, die Endgrösse unbeeinflusst, so dass sie dieselben Werte wie bei konstant günstigem Milieu erreicht, während dagegen die Lebensdauer zunimmt und die bei konstanter Hemmung erzielte überschreitet. Bringt man das Versuchstier erst in ein förderndes und dann in ein hemmendes Milieu, so erreicht das Tier nicht dieselbe Endgrösse wie bei konstant günstigen Umweltbedingungen, und gleichzeitig nimmt die Lebensdauer im Verhältnis zu der in konstant hemmendem Milieu erzielten ab.*

2) *Intermittentes Licht bzw. Dunkel verlängert ebenso wie intermittenter Hunger die Lebensdauer, während dagegen die Einwirkung auf die Endgrösse sich unterschiedlich äussert. Der Effekt richtet sich offenbar hochgradig danach, in welcher zeitlichen Reihenfolge das Versuchstier dem hemmenden (Licht) bzw. fördernden (Dunkel) Faktor ausgesetzt wird, und zwar wird die längste Lebensdauer erreicht, wenn der günstige (Dunkel) Faktor »intermittent« ist, während die Endgrösse den höchsten Wert bei »intermittentem« hemmenden (Licht) Faktor erreicht.*

3) *Ein hemmender Einfluss vor der Pubertät scheint vor allem die Lebensdauer zu vergrössern, ein günstiger Einfluss vor der Pubertät die Endgrösse zu erhöhen.*

4) *Die durch das Milieu hervorgerufene Veränderung ist gesetzmässig bestimmt. Ihre Qualität richtet sich nach der Art des Milieus, also ob dieses hemmend oder fördernd ist, während die Quantität von der Zeit abhängt, während der die Tiere den betreffenden Umwelteinflüssen ausgesetzt werden, und zwar ist das Milieu vor der Pubertät für das Endergebnis von entscheidender Bedeutung.*

5) *Die durch Variation des Licht—Dunkel-Milieus hervorgerufene Veränderung von Lebensdauer und Endgrösse gehorcht demselben biologischen Grundprinzip, das der* Backmanschen *Wachstumsfunktion zugrunde liegt.*

Diese Punkte lassen sich in der nachstehenden Schlussfolgerung zusammenfassen: *Die durch differenzierte Einwirkung von Dunkel und Licht gewonnenen Ergebnisse lassen sich den von anderen Forschern bei differenzierter Nahrungszufuhr erhobenen Befunden an die Seite stellen. Die eingetretenen Veränderungen von Wachstum, Lebensdauer und Endgrösse lassen sich auf den hemmenden bzw. fördernden Einfluss*

des Milieus zurückführen, und zwar hat sich die Zeit vor der Pubertät als hochgradig ausschlaggebend erwiesen für die Reaktion des Genotypus auf eine Milieuveränderung und die daraus resultierende Gestaltung des Phänotypus. Diese veränderte Reaktion des Genotypus hat sich als gesetzmässig bestimmt erzeigt und gehorcht demselben allgemeinbiologischen Prinzip, das der Backmanschen *Wachstumsformel zugrunde liegt.*

Eine Analyse der Temperaturversuche ergibt ferner, *dass die Ergebnisse der Temperaturversuche sich den Resultaten an die Seite stellen lassen, die bei den Versuchen mit Licht bzw. Licht—Dunkel erhalten worden sind, dass sie also denselben Gesetzen unterliegen, die für diese gelten.*

Von den Backmanschen Wachstumsgesetzen ausgehend, habe ich die beobachteten Wachstumskurven analysiert. Für die Berechnung der Durchschnittskurven des Wachstums wurde eine neue Methodik eingeführt, die auf den von Backman aufgestellten Wachstumsgesetzen fusst, nach denen *Vergleiche zwischen verschiedenen Individuen nur bei gleichen organischen Zeiten statthaft* sind. Diesen Durchschnittskurven lagen zugrunde die bei der mathematisch-biologischen Analyse gefundenen Durchschnittswerte der Asymptoten, Geschlechtsreifezeiten, Lebensdauern und Ausgangspunkte der Grundzyklen, aus denen in der gewohnten Weise Wachstumskonstanten und danach Durchschnittskurven berechnet werden. Daraus folgt, *dass das gesamte Material zur Berechnung des ganzen Wachstumsverlaufs verwendet wird, und dass gleichzeitig die grossen biologischen Erscheinungen, wie Geschlechtsreife und Tod, für alle Individuen im selben Punkt der Durchschnittskurve zusammenfallen. Dadurch gewinnt man m. E., da die organische Zeit in allen Punkten die Grundlage des Verlaufs ausmacht, einen biologisch richtigen Ausdruck für das wahre durchschnittliche Wachstum der Population.*

Bei der mathematisch-biologischen Analyse wurden folgende Ergebnisse gewonnen:

1. Der Vergleich zwischen den beobachteten und den theoretischen Daten der Lebensdauer zeigt, *dass die Tiere, die bei der Berechnung der beobachteten Daten berücksichtigt wurden, wirklich einen physiologischen Tod gefunden haben und dass die übrigen an einer früheren Quantengrenze gestorben sind. Damit ist wahrscheinlich gemacht, dass das Passieren dieser positiven Quantengrenzen von* $x = \sqrt{\frac{0}{2}}$ *an eine auf die Zeit des Überganges beschränkte Schwächung der Lebenskraft bedeutet.*

2. *Die Jungen schlüpfen, wenn die organische Zeit* $x = \sqrt{\frac{0}{2}}$ *ihres Embryonalzyklus erreicht ist, wodurch also* Walanders *Beobachtung an Moina bestätigt wird.*

3. *Der Grundzyklus beginnt möglicherweise dann, wenn der Embryonalzyklus seine organische Zeit* $x = \sqrt{\frac{1}{2}}$ *passiert.*

4. *Die Eierstöcke beginnen vermutlich bei der organischen Zeit* $x = -\sqrt{\frac{1}{2}}$ *des Grundzyklus zu erscheinen.*

5. *Die Pubertät tritt bei der organischen Zeit* $x = \sqrt{\frac{0}{2}}$ *des Grundzyklus ein.*

6. *Die grösste Jungenzahl tritt auf, wenn der Grundzyklus die organische Zeit* $x = \sqrt{\frac{1}{2}}$ *erreicht hat.*

7. *Die absolute Senilität beginnt mit der organischen Zeit* $x = \sqrt{\frac{2}{2}}$ *des Grundzyklus.*

8. *Der Tod tritt bei der organischen Zeit* $x = \sqrt{\frac{3}{2}}$ *des Grundzyklus ein.*

Die Punkte 5, 7 und 8 bestätigen also in vollem Umfang Backmans Befunde und stellen in dieser Beziehung eine wichtige Stütze seiner Auffassung dar.

Die nachstehende Tabelle gibt eine Übersicht über Quantengrenzen, ihre physiologischen Entsprechungen und die biologischen Ereignisse, die im Zusammenhang mit diesen Grenzen eintreten; als Beispiel ist die Gruppe L_k gewählt worden.

Organisches		Physikalisches Alter	Biologisches Ereignis
II. Zyklus	III. Zyklus		
$x = \sqrt{\frac{0}{2}}$		3,4 T.	Schlüpfen der Jungen.
$x = \sqrt{\frac{1}{2}}$		5,9 T.	Beginn des III. Zyklus.
	$x = -\sqrt{\frac{1}{2}}$	8,1 T.	Die Eierstöcke beginnen zu erscheinen.
	$x = \sqrt{\frac{0}{2}}$	13,9 T.	Eintritt der Geschlechtsreife.
	$x = \sqrt{\frac{1}{2}}$	33,8 T.	Schlüpfen des grössten Wurfes.
	$x = \sqrt{\frac{2}{2}}$	52,4 T.	Beginn der Senilität.
	$x = \sqrt{\frac{3}{2}}$	74,7 T.	Eintritt des Todes.

Backman hat die sog. doppelte Affinität zweier Kurven nachgewiesen. Darunter versteht er, dass sowohl die Grössenordinate des einen Wachstumsablaufs in einem bestimmten Verhältnis zur Grössenordinate des anderen als auch die Zeitabszisse des einen Ablaufs in einem bestimmten Verhältnis zur Zeitabszisse des anderen steht. In den beiden Gruppen des vorliegenden Materials, in denen ein entsprechender Vergleich möglich war, konnte gezeigt werden, *dass doppelte Affinität zwischen den Gruppen* L_k *und* M_k *besteht, was also die* Backmanschen *Ergebnisse vollauf bestätigt.*

Eine Analyse der Einwirkung des Milieus auf die Veränderung der einzelnen Wachstumskonstanten hat folgendes ergeben:

1. *Ein früher fördernder Einfluss (Dunkel) bestimmt in hohem Grade die Endgrösse,*

woraus geschlossen werden kann, dass die Konstante c_0 unter diesen Umständen frühzeitig festgelegt wird.

2. *Unter dem Einfluss einer vor der Pubertät einwirkenden Hemmung (Licht) wird die Veränderung von c_0 nicht vollständig durch die gleichzeitig eintretende Veränderung der Konstante c_2 kompensiert, weshalb die Endgrösse unter diesen Bedingungen variabel und vermutlich von der Zeitspanne der hemmenden Einwirkung abhängig ist.*

3. *Die Konstante c_1 wird sehr früh bestimmt und lässt sich danach äusserst wenig durch das Milieu beeinflussen*, ein Ergebnis, das im Einklang mit den Befunden Backmans steht.

4. *Angefangen von einem rein fördernden (Dunkel) Milieu, über ein fördernd-hemmendes (Dunkel—Licht) hin zu einem rein hemmenden (Licht) und schliesslich einem hemmend—fördernden (Licht—Dunkel) Milieu erhöht die Konstante c_2 ständig ihren numerischen Wert, und zwar ist diese Zunahme bei einem Vergleich der Gruppen M_k, $M_{4g}L$—$M_{10}L$ und $M_{14p}L$ untereinander bedeutend geringer als bei einem Vergleich der Gruppen L_k, $L_{5g}M$—L_8M und $L_{17p}M$, was also bedeutet, dass der Übergang von hemmendem (Licht) zu günstigem (Dunkel) Milieu stärker auf c_2 einwirkt als die umgekehrte Reihenfolge. Intermittent günstiges Milieu (Dunkel), Gruppe LML, verändert c_2 stärker als intermittente Hemmung (Licht), Gruppe MLM. Ein frühes günstiges Milieu (Dunkel) determiniert also die Konstante c_2 und damit die Lebensdauer in höherem Grade, als ein frühes hemmendes Milieu (Licht).*

5. *Die Veränderung der Konstante c_2 ist gesetzmässig bestimmt und eine direkte Folge der jeweiligen Umweltbedingungen und somit ein Ausdruck der festgestellten Veränderung der Lebensdauer, und zwar geht die Veränderung von c_2 parallel zu der Veränderung der Lebensdauer unter den gegebenen Bedingungen, so dass Δc_2 eine lineare Funktion von Δt_d ist.*

Die obigen Punkte lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Unter dem Einfluss eines früh günstigen Milieus wird die Konstante c_0 zu einem gewissen Grade determiniert, während sie unter der Einwirkung eines früh hemmenden Milieus in höherem Grade beeinflussbar bleibt; die Konstante c_1 ändert sich nicht, einerlei welcher Milieuveränderung die Tiere ausgesetzt werden; bei Übergang von günstigem Milieu vor der Pubertät zu hemmendem Milieu nach der Pubertät, sowie von hemmendem Milieu vor der Pubertät zu günstigem nach der Pubertät nimmt der numerische Wert der Konstante c_2 ständig in gesetzmässig bestimmter Weise zu, wobei ein früh förderndes Milieu in höherem Grade c_2 und damit die Lebensdauer determiniert, als ein früh hemmendes Milieu.

Die Analyse, durch welche die biologische Bedeutung der Veränderung der Konstante c_2 klargestellt werden sollte, hat gezeigt, *dass die durch das veränderte Milieu hervorgerufene Veränderung der Konstante c_2 eine Verlangsamung des Alterns im Sinne einer Hinausschiebung von Senilität und Tod auf einen immer späteren Zeitpunkt bedeutet.*

Die Analysen eigenen Materials und der Literatur entnommener Daten über die Sterblichkeit verschiedener Organismen haben in bezug auf den Zusammenhang zwischen Sterblichkeit und Quantengrenzen folgendes ergeben:

1. *Die Passage einer Quantengrenze bedeutet eine wirkliche biologische Veränderung für den Organismus, die u. a. in einer vermehrten Sterblichkeit an der Quantengrenze zum Ausdruck kommt.*

2. *Diese vermehrte Sterblichkeit ist mit dem Wachstum eng verknüpft.*

3. *Der Mensch bildet vielleicht keine Ausnahme von diesen Regeln, vor allem weil, wie* Backman *gezeigt hat, der Mensch denselben Wachstumsgesetzen unterworfen ist wie die übrigen Organismen, sowie weil, wie* Pearl *und* Parker *hervorgehoben haben, die Sterblichkeit des Menschen denselben Grundgesetzen gehorcht wie die von Drosophila.*

Schliesslich hat sich durch diese Analyse die Annahme bestätigt, *dass gewisse Versuchstiere wirklich vorzeitig gestorben sind und dass in diesen Fällen der Tod gerade an einer Quantengrenze eingetreten ist, sowie dass die hier angewandte mathematische Analyse wirklich die Wiedergabe der Lebensdauer und der Endgrösse ermöglicht hat, denen der Organismus physiologisch zustrebt, was der Ausgangspunkt sowohl der statistischen als der mathematisch-biologischen Analyse des Versuchsmaterials war.*

HAUPTTABELLEN I—XIIb

HAUPTTABELLE I.

L_k-Tiere.

Nr	Alter	Endgrösse	Gesamtzahl d. Jungen	Jungen pro Wurf	Anzahl Wurfe	Todesursach
1	51	4,43	333	30,0	11	1
2	16	3,39	18	18,0	1	0
3	74	4,55	528	29,3	18	0
4	58	4,35	393	32,8	12	1
5	34	4,23	182	30,3	6	1
6	57	4,58	449	34,5	13	1
7	57	4,14	285	21,9	13	1
8	58	4,50	335	30,5	11	1
9	25	3,68	80	27,0	3	1
10	75	4,75	572	33,6	17	0
11	82	4,58	512	28,5	18	0
12	92	4,66	681	31,0	22	0
13	11	2,31	—	—	—	0
14	85	4,79	645	32,3	20	0
15	73	4,75	480	28,2	17	0
16	81	4,56	339	22,6	15	0
17	18	3,17	10	10,0	1	0
18	88	4,70	459	23,0	20	0
19	43	4,42	292	32,4	9	1
20	71	4,50	367	22,9	16	0
21	84	4,67	565	29,7	19	0
22	53	4,46	341	37,9	9	0
23	78	4,55	451	34,7	13	0
24	72	4,57	405	31,2	13	0
25	42	4,22	225	37,5	6	1
26	62	4,51	389	35,4	11	0
27	53	4,41	323	35,9	9	1
28	71	4,66	525	37,5	14	0
29	75	4,47	455	30,3	15	0
30	73	4,38	392	28,0	14	0
31	37	3,91	145	24,2	6	6
32	58	4,52	424	38,6	11	1
33	68	4,55	417	32,1	13	0
34	29	3,73	74	24,7	3	5
35	62	4,70	311	31,1	10	3
36	64	4,62	337	33,7	10	3
37	72	4,77	376	31,3	12	0
38	61	4,12	102	20,4	5	3
39	69	4,39	309	28,1	11	0
40	77	4,77	547	39,1	14	0
41	85	4,62	519	30,5	17	0
42	71	4,34	373	33,9	11	0
43	60	4,35	195	21,7	9	3
44	65	4,66	413	37,5	11	0
45	85	4,90	648	38,1	17	0
46	62	4,67	461	41,9	11	0
47	67	4,40	389	32,4	12	0
48	77	4,70	458	30,5	15	0
49	51	4,36	377	37,7	10	4
50	48	4,15	276	30,7	9	4
51	61	4,48	461	35,5	13	0
52	61	4,44	461	35,5	13	4
53	32	3,75	105	21,0	5	3
54	38	3,76	172	28,7	6	1
55	32	3,64	95	19,0	5	3
56	69	4,38	490	35,0	14	0
57	76	4,40	454	28,4	16	0
58	30	3,80	101	25,3	4	3
59	76	4,68	605	35,6	17	0
Mittel (sine L_k 13)	61,2±2,5	4,39±0,05	364±22	30,3±0,8	11,6±0,6	
V-Koeff.	31,2±2,9	8,7 ±0,8	47,0±4,4	20,0±1,9	41,5±3,0	
Mittel (nur 0-Grupp)	73,8±1,5	4,59±0,03	472±18	32,2±0,8	14,9±0,5	
V-Koeff.	11,8±1,5	3,1 ±0,4	21,4±2,7	14,2±1,8	20,2±2,5	

HAUPTTABELLE II.

M_k-Tiere.

Nr	Alter	Endgrösse	Gesamtzahl d. Jungen	Jungen pro Wurf	Anzahl Würfe	Todesursach
1	56	5,26	628	57,1	11	0
2	26	4,37	139	36,7	4	1
3	18	3,16	55	27,5	2	1
4	63	4,65	499	33,3	15	0
5	19	4,05	61	30,5	2	1
6	54	5,42	652	54,3	12	0
7	13	2,79	—	—	—	0
8	33	4,98	355	59,2	6	1
9	36	4,63	306	43,7	7	1
10	48	5,09	600	66,7	9	1
11	37	4,84	449	64,1	7	1
12	34	5,00	433	72,2	6	1
13	7	1,52	—	—	—	0
14	53	5,13	619	47,6	13	0
15	54	5,13	549	54,9	10	0
16	59	5,30	716	51,1	14	0
17	64	5,65	837	52,3	16	1
18	33	4,65	306	51,0	6	1
19	51	5,35	594	59,4	10	3
20	45	5,08	436	54,5	8	3
21	42	5,20	477	59,6	8	3
22	67	5,40	601	50,1	12	3
23	61	4,94	314	34,8	9	3
24	55	5,56	696	63,3	11	0
25	36	5,15	328	54,7	6	3
26	77	5,75	786	56,1	14	0
27	39	4,80	254	42,3	6	3
28	36	4,81	311	52,0	6	1
29	59	5,36	600	46,2	13	3
30	59	5,25	597	49,8	12	0
31	43	4,75	292	36.5	8	0; 3?
32	52	5,15	516	51,6	10	3
33	31	4,70	298	49,7	6	3
34	64	5,69	791	56,5	14	0
35	77	5,40	758	54,1	14	0
36	52	5,53	680	56,7	12	0
37	21	4,04	67	33,5	2	3
38	54	5,16	593	49,4	12	0
39	66	5,23	579	48,3	12	0
40	37	4,75	365	52,1	7	1
41	50	5,55	715	63,0	12	0
42	51	5,34	623	56,6	11	1
43	99	5,63	930	46,5	20	0
Mittel (sine M_k7, M_k13)	49,0±2,6	5,05±0,08	498±33	50,7±1,5	9,6±0,6	
V.-Koeff.	34,5±3,8	9,7 ±1,1	42,7±4,7	19,5±2,2	43,6±4,8	
Mittel (nur 0-Gruppe)	62,0±2,9	5,35±0,06	674±26	52,6±1,8	13,0±0,6	
V.-Koeff.	18,6±3,3	4,7 ±0,8	15,4±2,7	13,3±2,4	18,3±3,3	

HAUPTTABELLE III.

LM-Tiere.

	Nr	Alter	Endgrösse	Gesamtzahl d. Jungen	Jungen pro Wurf	Anzahl Würfe	Todesursach
	(1)	(32)	(4,60)	(253)	(42,2)	(6)	2
	2	76	5,26	711	39,5	18	0
	3	58	5,15	586	45,1	13	0
	4	55	5,01	530	48,2	11	0
	5	82	5,32	609	40,6	15	0
	6	82	5,27	657	38,7	17	0
	7	95	5,25	732	36,6	20	0
$L_{5g}M$	8	87	5,19	808	40,4	20	0
	9	73	5,26	679	42,4	16	0
	10	57	5,48	733	61,1	12	0
	11	71	5,13	523	40,2	13	0
	12	90	5,40	853	42,7	20	0
	13	84	5,31	733	38,6	19	0
	14	83	5,28	624	36,7	17	0
	15	94	5,40	675	32,1	21	0
Mittel		77,6±3,4	5,27±0,03	675±24	41,6±1,8	16,6±0,9	
V.-Koeff.		16,5±3,1	2,1±0,4	13,4±2,5	15,9±3,0	20,6±3,9	
	(16)	(40)	(4,58)	(311)	(38,9)	(8)	1
	17	91	5,11	573	33,7	17	0
L_6M	18	72	5,20	621	41,8	15	0
	(19)	(44)	(4,66)	(305)	(33,9)	(9)	1
	20	95	5,28	711	33,9	21	0
	21	106	5,51	784	37,3	21	0
Mittel		91,0±6,0	5,28±0,08	672±46	36,7±1,5	18,5±1,6	
V.-Koeff.		13,1±4,6	3,0±1,1	13,6±4,8	8,0±2,8	17,3±6,1	
	22	72	5,06	585	36,6	16	0
L_7M	23	68	5,18	636	39,8	16	0
	24	57	5,11	417	37,9	11	0
	25	85	5,20	673	39,6	17	0
Mittel		70,5±6,6	5,14±0,02	578±53	38,5±0,8	15,0±1,5	
V.-Koeff.		19,2±6,8	0,9±0,3	18,6±6,6	4,1±1,4	19,5±6,9	
	26	84	5,13	610	33,9	18	0
	27	94	5,42	850	38,6	22	0
L_8M	28	79	5,10	443	36,9	12	0
	29	74	5,03	583	36,4	16	0
	30	82	5,38	740	41,1	18	0
Mittel		82,6±2,6	5,21±0,07	645±66	37,4±1,0	17,2±1,4	
V.-Koeff.		7,0±2,2	3,2±1,0	22,6±7,1	6,2±2,0	17,0±5,4	
$L_{22}M$	31	70	4,91	597	39,8	15	0
$L_{40}M$	(32)	(48)	(4,17)	(226)	(32,3)	(7)	1
$L_{51}M$	33	108	4,79	655	27,3	24	0
$L_{46}M$	34	80	4,66	564	33,2	17	0
Mittel		86,0±9,0	4,79±0,04	605±23	33,4±2,9	18,7±2,4	
V.-Koeff.		17,7±7,2	2,5±1,0	6,6±2,7	15,1±6,2	22,1±9,0	
Mittel (sine *LM* 31—34)		79,5±2,6	5,24±0,03	657±20	39,6±1,1	17,0±0,6	
V.-Koeff.		16,8±2,3	2,5±0,3	15,8±2,1	14,0±1,9	18,8±2,5	

Haupttabelle III (Forts.).

	Nr	Alter	Endgrösse	Gesamtzahl d. Jungen	Jungen pro Wurf	Anzahl Würfe	Todesursach
	35	103	5,32	650	38,2	17	0
	36	76	4,88	391	32,6	12	0
	37	85	5,20	558	34,9	16	0
	38	60	5,11	597	45,9	13	0
	39	66	4,99	592	42,3	14	0
	40	107	5,59	1020	42,5	24	0
	41	93	5,08	737	38,8	19	0
	(42)	(43)	(4,67)	(334)	(47,7)	(7)	0
	43	67	5,08	676	45,1	15	0
	44	46	4,65	387	43,0	9	0
	45	57	4,98	509	42,4	12	0
	(46)	(30)	(4,04)	(163)	(32,6)	(5)	0
$L_{17p}M$	47	60	5,10	605	46,5	13	0
	48	107	5,20	875	38,0	23	0
	49	57	5,03	585	48,8	12	0
	(50)	(43)	(4,84)	(367)	(45,9)	(8)	0
	51	74	5,00	656	41,0	16	0
	52	72	5,56	714	47,6	15	0
	53	95	5,30	886	42,2	21	0
	54	78	5,34	683	40,2	17	07
	55	69	5,20	709	47,3	15	07
	56	66	5,64	942	67,3	14	0
	57	68	5,11	580	41,4	14	0
	58	108	5,38	896	39,0	23	0
	59	110	5,15	722	36,1	20	0
	60	114	5,61	1117	44,7	25	0
	61	63	5,34	718	55,2	13	0
Mittel		79,2±4,1	5,20±0,05	700±36	43,4±1,4	16,4±0,9	
V.-Koeff.		24,7±3,6	4,5±0,6	25,2±3,6	15,5±2,2	27,5±4,0	
Mittel (sämtlicher, sine *LM* 31—34)		79,4±2,3	5,22±0,03	676±20	41,4±0,9	16,5±0,5	
V.-Koeff.		20,6±2,0	3,6±0,4	21,7±2,1	15,3±1,5	22,8±2,3	

HAUPTTABELLE IV.

ML-Tiere.

	Nr	Alter	Endgrösse	Gesamtzahl d. Jungen	Jungen pro Wurf	Anzahl Würfe	Todesursach
	1	79	4,96	523	40,2	13	0
	2	54	4,59	363	40,3	9	0
	3	88	4,62	497	31,1	16	0
	4	69	4,76	496	41,3	12	0
	(5)	(28)	(4,04)	(105)	(35,0)	(3)	0
	(6)	(51)	(3,86)	(125)	(17,9)	(7)	0
	7	99	4,63	555	32.7	17	0
	8	73	4,75	616	47,4	13	0
$M_{4\sigma}\,L$	9	59	4,56	369	36,9	10	0
	10	70	4,60	459	38,3	12	0
	11	63	4,53	406	36,9	11	1
	12	63	4,51	376	34,2	11	0
	13	58	4,40	334	33,4	10	0
	(14)	(35)	(4,08)	(148)	(37,0)	(4)	1
	15	72	4,62	474	36,5	13	0
	16	58	4,30	342	34,2	10	0
	17	63	4,82	515	42,9	12	0
Mittel		69,1±3,3	4,63±0,04	455±23	37,6±1,2	12±0,6	
V.-Koeff.		17,7±3,3	3,4±0,6	19,0±3,6	12,0±2,3	17,5±3,3	
	(18)	(19)	(2,35)	(—)	(—)	(—)	0
	19	57	4,84	495	49,5	10	0
$M_5\,L$	20	70	4,59	416	34,7	12	0
	21	65	4,54	442	36,8	12	0
	(22)	(7)	(0,81)	(—)	(—)	(—)	0
Mittel		64,0±2,9	4,66±0,07	451±16	40,0±4,0	11,3±0,4	
V.-Koeff.		7,8±3,2	2,5±1,0	6,3±2,6	17,3±7,1	6,8±2,8	
	23	62	4,81	457	41,6	11	0
	24	66	4,66	406	36,9	11	1
$M_6\,L$	25	71	4,56	457	35,2	13	0
	26	56	4,60	394	39,4	10	0
	(27)	(56)	(3,97)	(260)	(28,9)	(9)	0
Mittel		63,8±2,6	4,66±0,05	429±14	38,5±1,5	11,3±0,4	
V.-Koeff.		8,0±2,8	2,2±0,8	6,7±2,4	8,0±2,8	7,1±2,5	
	28	62	4,78	496	41,3	12	2
	29	66	4,79	442	40,2	11	0
$M_7\,L$	30	72	4,82	533	41,0	13	0
	31	59	4,44	376	34,2	11	0
	32	67	4,76	508	39,1	13	0
Mittel		65,2±2,0	4,72±0,06	471±27	39,2±1,2	12,0±0,4	
V.-Koeff.		6,8±2,2	2,9±0,9	12,6±4,0	6,6±2,2	8,0±2,5	
	33	67	4,80	534	41,1	13	0
	34	54	4,74	460	46,0	10	2
$M_8\,L$	(35)	(17)	(3,00)	(21)	(21,0)	(1)	0
	36	68	4,87	577	44,4	13	0
	37	58	4,69	411	41,1	10	0
Mittel		61,8±3,0	4,78±0,03	496±35	43,2±1,5	11,5±0,6	
V.-Koeff.		9,7±3,4	1,4±0,5	13,8±4,9	6,9±2,4	10,0±3,5	

Haupttabelle IV (Forts.).

	Nr	Alter	Endgrösse	Gesamtzahl d. Jungen	Jungen pro Wurf	Anzahl Würfe	Todesursach
$M_9 L$	38	56	4,67	429	42,9	10	0
	39	54	4,91	488	48,8	10	2
	40	59	4,91	430	39,1	11	0
	(41)	(47)	(4,41)	(324)	(40,5)	(8)	1
Mittel		56,2 ± 1,2	4,83 ± 0,05	449 ± 10	43,6 ± 2,3	10,3 ± 0,4	
V.-Koeff.		3,5 ± 1,4	2,0 ± 0,8	4,1 ± 1,7	9,1 ± 3,7	5,6 ± 2,3	
$M_{10} L$	(42)	(31)	(3,83)	(108)	(36,0)	(3)	6
	(43)	(31)	(3,75)	(112)	(37,3)	(3)	6
	(44)	(33)	(4,21)	(177)	(35,4)	(5)	1
	45	55	4,57	423	42,3	10	04
Mittel (sine $M_{10} L$-Gruppe)		64,6 ± 1,7	4,68 ± 0,03	455 ± 12	39,4 ± 0,8	12,0 ± 0,3	
V.-Koeff.		15,1 ± 1,8	3,3 ± 0,4	15,3 ± 1,8	11,7 ± 1,4	15,3 ± 1,8	
$M_{14p} L$	46	63	4,79	511	39,3	13	0
	47	67	5,09	695	49,6	14	0
	48	65	5,02	585	45,0	13	0
	49	49	4,72	364	40,4	9	0
	50	45	4,57	295	38,9	8	04
	51	55	4,81	498	45,3	11	4
	52	48	4,82	388	43,1	9	3
	53	65	4,77	576	41,1	14	0
	54	65	4,85	574	41,0	14	3
	55	50	4,80	354	39,3	9	0
	56	31	4,08	170	34,0	5	3
	57	71	5,10	789	49,3	16	0
	58	32	4,37	195	39,0	5	3
	59	40	4,56	345	43,1	8	1
	60	32	4,46	247	49,4	5	3
	61	43	4,75	429	47,7	9	0
	62	71	5,05	737	46,1	16	0
	63	41	4,65	406	50,8	8	3
	64	58	5,10	720	55,4	13	0
	65	28	4,36	200	50,0	4	3
	66	68	5,18	823	54,9	15	0
	67	46	4,93	515	51,5	10	4
	68	28	4,03	120	30,0	4	4
Mittel		50,5 ± 3,0	4,73 ± 0,07	458 ± 42	44,5 ± 1,3	10,1 ± 0,8	
V.-Koeff.		28,1 ± 4,1	6,6 ± 1,0	44,0 ± 6,5	14,3 ± 2,1	38,2 ± 5,6	
Mittel (nur 0-Grupp)		62,7 ± 2,7	4,96 ± 0,05	615 ± 47	46,0 ± 1,9	13,2 ± 0,7	
V.-Koeff.		13,5 ± 3,0	3,3 ± 0,7	24,4 ± 5,5	13,0 ± 2,9	16,7 ± 3,7	
Mittel (sämtlicher *ML*, sine $M_{10} L$, 0-Gruppe)		64,7 ± 1,4	4,75 ± 0,03	494 ± 18	41,0 ± 0,9	12,0 ± 0,3	
V.-Koeff.		14,5 ± 1,6	4,2 ± 0,5	24,0 ± 2,6	13,7 ± 1,5	16,8 ± 1,8	

HAUPTTABELLE V.

LML-Tiere.

	Nr	Alter	Endgrösse	Gesamtzahl d. Jungen	Jungen pro Wurf	Anzahl Würfe	Todesursach
$L_{3g}M_5L$	1	99	5,17	880	44,0	20	0
	2	75	5,12	741	49,4	15	0
	3	112	5,26	913	41,5	22	0
	4	73	5,04	545	39,0	14	0
	5	89	4,72	685	38,0	18	0
	(6)	(42)	(4,38)	(291)	(36,3)	(8)	1
	7	75	5,34	926	57,9	16	0
	8	80	5,19	989	55,0	18	0
	(9)	(57)	(5,00)	(607)	(50,6)	(12)	5
	10	102	4,68	476	26,4	18	0
Mittel		88,1±4,0	5,07±0,09	769±64	43,9±3,0	17,6±0,8	
V.-Koeff.		12,8±3,2	4,8±1,2	23,1±5,8	19,8±5,0	12,8±3,2	
$L_{3g}M_8L$	(11)	(29)	(4,47)	(248)	(49,6)	(5)	1
	(12)	(46)	(4,48)	(272)	(30,2)	(9)	1
	13	66	5,24	774	55,3	14	0
	(14)	(20)	(3,76)	(54)	(27,0)	(2)	5
	(15)	(29)	(4,05)	(193)	(38,6)	(5)	1
	16	82	5,35	896	52,7	17	0
	(17)	(44)	(4,80)	(509)	(50,9)	(10)	5
	18	71	4,90	693	46,2	15	0
	19	105	5,26	965	43,9	(22)	0
Mittel		81,0±7,0	5,19±0,11	832±47	49,5±2,3	17,0±1,5	
V.-Koeff.		17,4±6,2	4,0±1,4	11,2±4,0	9,3±3,3	16,9±6,0	
$L_{3g}M_{13}L$	(20)	(30)	(4,03)	(159)	(31,8)	(5)	1
	(21)	(29)	(4,02)	(182)	(36,4)	(5)	1
	22	119	5,14	832	36,2	23	0
	(23)	(30)	(4,03)	(130)	(26,0)	(5)	1
	24	97	5,19	840	44,2	19	0
	25	70	4,75	640	42,7	15	0
	26	103	4,85	770	36,7	21	0
	27	122	4,99	930	38,8	24	0
	28	84	4,40	503	29,6	17	0
	29	79	4,96	753	44,3	17	0
Mittel		96,3±7,5	4,90±0,09	724±47	38,9±1,4	19,4±1,2	
V.-Koeff.		20,7±5,5	5,0±1,3	16,7±4,5	10,0±2,7	15,9±4,2	
$L_{3g}M_{18}L$	30	106	4,51	513	24,4	21	0
	31	80	4,97	753	44,3	17	1
	(32)	(20)	(3,74)	(98)	(32,7)	(3)	0
	33	104	4,82	686	32,7	21	0
	34	88	4,81	759	40,0	19	0
	(35)	(35)	(3,63)	(127)	(25,4)	(5)	1
	36	108	4,49	580	26,4	22	0
Mittel		96,4±5,0	4,72±0,08	658±41	33,6±3,8	20,0±0,8	
V.-Koeff.		11,5±3,6	4,0±1,3	13,9±4,4	25,3±8,0	8,9±2,8	
$L_{3g}M_{23}L$	37	98	5,12	866	41,2	21	0
	38	65	4,95	785	51,7	15	0
	39	57	5,10	758	50,5	15	07
	40	89	5,11	899	47,3	19	0
	41	98	4,58	594	31,3	19	0
Mittel		81,4±8,0	4,97±0,10	780±44	44,4±3,4	17,8±1,2	
V.-Koeff.		22,0±7,0	4,4±1,4	12,4±3,9	17,2±5,4	15,3±4,8	
Mittel (sämtlicher		89,7±3,1	4,97±0,05	749±27	41,8±1,7	18,4±0,5	
V.-Koeff.		18,3±2,4	5,2±0,7	19,5±2,6	21,0±2,8	15,2±2,0	

HAUPTTABELLE VI.

MLM-Tiere.

	Nr	Alter	Endgrösse	Gesamtzahl d. Jungen	Jungen pro Wurf	Anzahl Würfe	Todesursach
$M_{3g}L_5M$	1	82	5,70	1059	50,4	21	0
	2	78	5,69	886	44,3	20	1
	3	66	5,03	674	42,1	16	0
	4	91	5,43	1036	45,0	23	0
Mittel		79,2±4,9	5,46±0,14	914±57	45,5±1,5	20,0±0,8	
V.-Koeff.		12,0±4,2	5,2±1,8	15,4±5,4	6,3±2,2	8,0±2,8	
$M_{3g}L_8M$	5	71	5,52	1066	59,2	18	0
	6	92	5,74	1280	55,7	23	0
	(7)	(39)	(4,36)	(373)	(46,6)	(8)	1
	8	83	5,32	1092	54,6	20	0
	9	90	5,14	857 (907)	42,9 (41,2)	20 (22)	0
	10	81	5,35	1029	52,8	19	0
Mittel		83,4±3,8	5,41±0,10	1065±47	53,0±2,6	20,0±0,7	
V.-Koeff.		10,1±3,2	4,2±1,3	9,6±3,0	10,9±3,4	8,2±2,6	
$M_{3g}L_{13}M$	11	87	5,61	1069	51,0	21	0
	12	57	5,04	717	51,2	14	0
	13	85	5,44	819	41,0	20	0
	14	95	5,38	992	45,1	22	0
	15	91	5,60	1193	51,9	23	0
	(16)	(41)	(4,85)	(460)	(51,1)	(9)	0
Mittel		83,0±5,9	5,45±0,10	958±71	48,0±2,1	20,0±1,5	
V.-Koeff.		15,8±5,0	4,0±1,3	16,7±5,3	9,6±3,0	16,4±5,2	
$M_{3g}L_{18}M$	17	63	5,35	834	55,6	15	0
	18	97	5,60	1098	49,9	22	0
	19	92	5,50	991	47,2	21	0
	20	78	5,43	1043	54,0	19	0
	21	81	5,24	1035	51,8	20	0
Mittel		82,2±5,7	5,42±0,10	1000±44	51,9±1,3	19,8±1,2	
V.-Koeff.		15,3±4,8	4,0±1,3	9,8±3,1	5,8±1,8	13,9±4,4	
$M_{3g}L_{23}M$	22	84	5,61	1218	64,1	19	0
	(23)	(32)	(4,52)	(240)	(48,0)	(5)	0
	24	75	5,54	1083	60,2	18	0
	25	59	5,22	771	59,3	13	0
	26	79	5,36	1052	55,4	19	0
Mittel		74,3±4,8	5,43±0,08	1031±73	59,8±1,2	17,3±1,5	
V.-Koeff.		13,0±4,6	2,8±1,0	14,1±5,0	4,1±1,4	17,1±6,0	
Mittel (sämtlicher)		80,7±2,4	5,44±0,04	995±30	51,5±1,4	19,4±0,6	
V. Koeff.		14,0±2,1	3,9±0,6	14,3±2,1	12,5±1,8	14,5±2,1	

HAUPTTABELLE VII a.

L_k-Tiere.

Nr	Zyklus I	Zyklus II				Zyklus III			
	I_1	c_0	c_1	c_2	I_2	c_0	c_1	c_2	I_3
1	0,30	0,4457	4,7100	2,2471	0,79	2,0593	1,3691	1,2364	3,65
2	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3	0,28	0,4514	2,2005	1,1500	0,80	2,0593	1,3653	1,3028	3,65
4	0,28	0,4401	3,0504	1,4553	0,78	2,0593	1,0663	0,8298	3,65
5	0,26	0,5191	3,9563	2,2464	0,92	2,0593	1,1744	0,9925	3,65
6	0,36	0,5247	3,2673	1,3559	0,93	2,0593	1,2985	1,2390	3,65
7	0,35	0,3047	3,1116	0,9366	0,54	2,0593	1,0570	0,8226	3,65
8	0,37	0,4457	3,2418	1,1726	0,79	2,0593	1,0524	0,8190	3,65
9	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10	0,34	0,5134	3,7879	1,5072	0,91	2,0593	1,1479	0,8933	3,65
11	0,35	0,4288	2,1295	0,7500	0,76	2,0593	1,1697	0,9845	3,65
12	0,32	0,4739	2,0499	0,8507	0,84	2,0593	1,0546	0,8207	3,65
13	—	—	—	—	—	—	—	—	—
14	0,36	0,5473	2,0608	0,8200	0,97	2,0593	1,2833	1,2245	3,65
15	0,36	0,5021	4,2098	1,6751	0,89	2,0593	1,1616	0,9040	3,65
16	0,35	0,5303	2,4718	0,8463	0,94	2,0593	1,1107	0,8643	3,65
17	—	—	—	—	—	—	—	—	—
18	0,33	0,4908	2,8391	1,1845	0,87	2,0593	1,0432	0,8816	3,65
19	0,32	0,4457	2,2868	0,8271	0,79	2,0593	1,3153	1,0779	3,65
20	0,30	0,3949	2,6405	0,7948	0,70	2,0593	1,0930	0,7640	3,65
21	0,28	0,5360	3,0960	1,5641	0,95	2,0593	1,1636	0,9834	3,65
22	0,34	0,4514	3,0333	1,8263	0,80	2,0593	1,3163	1,1888	3,65
23	0,35	0,4344	3,6744	2,2124	0,77	2,0593	1,2916	1,1664	3,65
24	0,28	0,4852	3,7781	2,2748	0,86	2,0593	1,4944	1,4944	3,65
25	0,26	0,5924	3,0738	2,0939	1,05	2,0593	1,1251	1,0162	3,65
26	0,28	0,4626	3,8151	2,3780	0,82	2,0593	1,3679	1,1560	3,65
27	0,34	0,4288	3,6116	2,1745	0,76	2,0593	1,3163	1,1888	3,65
28	0,30	0,6037	2,7721	1,9127	1,07	2,0593	1,6013	1,6676	3,65
29	0,31	0,4288	2,9392	1,7154	0,76	2,0593	1,3390	1,2377	3,65
30	0,28	0,3780	3,1755	1,9344	0,67	2,0593	1,3364	1,2069	3,65
31	0,28	0,3836	3,5158	2,1879	0,68	2,0593	1,2319	1,1125	3,65
32	0,28	0,5755	3,4921	2,4410	1,02	2,0593	1,4306	1,4306	3,65
33	0,34	0,4401	5,6818	3,4716	0,78	2,0593	1,4191	1,3189	3,65
34	0,30	0,3949	3,7879	1,9477	0,70	2,0593	1,5419	1,3925	3,65
35	0,31	0,6150	3,1232	1,8205	1,09	1,9521	1,5895	1,5541	3,46
36	0,29	0,6037	3,1232	1,8205	1,07	1,9295	1,5135	1,4442	3,42
37	0,29	0,6037	3,1232	1,8205	1,07	2,0198	1,4153	1,3505	3,58
38	—	—	—	—	—	—	—	—	—
39	0,30	0,6093	3,1232	1,8205	1,08	1,7828	1,5440	1,5096	3,16
40	0,32	0,6093	2,9529	1,7079	1,08	1,9972	1,3699	1,3072	3,54
41	0,29	0,6150	3,1232	1,8205	1,09	1,9182	1,3644	1,3644	3,40
42	0,27	0,5811	3,1232	1,7905	1,03	1,7941	1,7220	1,7585	3,18
43	—	—	—	—	—	—	—	—	—
44	0,28	0,6037	3,1232	1,8205	1,07	1,9634	1,3787	1,2065	3,48
45	0,32	0,5642	2,7825	1,5153	1,00	2,1214	1,1697	0,9885	3,76
46	0,30	0,6206	3,1800	1,8847	1,10	1,9408	1,3204	1,0734	3,44
47	0,30	0,6375	3,1232	1,8665	1,13	1,7716	1,4309	1,3299	3,14
48	0,28	0,5755	3,1232	1,8205	1,02	2,0085	1,4386	1,4386	3,56
49	0,28	0,4062	2,6122	1,2628	0,72	2,0762	1,5586	1,5916	3,68
50	0,29	0,3724	3,1800	1,4547	0,66	1,9747	1,4721	1,4047	3,50
51	0,30	0,4288	2,6122	1,2828	0,76	2,0311	1,5424	1,4718	3,60
52	0,29	0,4288	2,6122	1,2828	0,76	2,0029	1,5424	1,4718	3,55
53	0,28	0,4062	2,6122	1,2628	0,72	1,9521	1,4514	1,3849	3,46
54	0,30	0,4288	2,6122	1,2828	0,76	2,0311	1,3637	1,3637	3,60
55	0,28	0,4062	2,6122	1,2628	0,72	1,8814	1,4820	1,4142	3,34
56	0,26	0,4062	2,4986	1,2244	0,72	2,0311	1,5191	1,5191	3,60
57	0,27	0,4119	3,3504	1,7373	0,73	2,0593	1,3944	1,3305	3,65
58	—	—	—	—	—	—	—	—	—
59	0,29	0,4288	2,6122	1,2828	0,76	2,1439	1,4386	1,4386	3,80
Mittel	0,31	0,5078	2,9305	1,5575	0,90	2,0198	1,3239	1,2098	3,58

HAUPTTABELLE VII b.

L_k-Tiere.

Nr	Zyklus II gerechnet von $t=0$								Zyklus III korrigiert zur Zeit $t=0$							
	$t_{0.2}$	t_{-1}	$t_{0.5}$	t_1	t_2	t_3	t_m	h_m	$t_{0.3}$	t_{-1}	$t_{0.5}$	t_1	t_2	t_d	t_m	h_m
1	0	2,1	3,0	4,2	4,9	5,5	2,7	0,32	4,0	6,4	12,0	24,9	47,0	(66,8)	5,9	0,31
2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3	0	1,6	3,3	7,0	9,5	12,0	1,9	0,17	3,0	5,7	12,0	32,7	51,6	74,0	5,2	0,28
4	0	1,8	3,0	5,1	6,4	7,6	2,3	0,22	6,0	7,3	12,0	33,6	58,0	(90,5)	6,6	0,51
5	0	2,5	3,7	5,6	6,6	7,5	3,1	0,26	6,0	7,8	13,0	34,0	(55,7)	(83,2)	7,0	0,39
6	0	1,6	2,6	4,3	5,3	6,2	2,0	0,32	4,0	6,6	13,0	35,5	57,0	(83,0)	5,9	0,28
7	0	1,2	2,0	3,4	4,2	5,0	1,5	0,24	4,0	5,3	10,0	32,0	(57,0)	(90,5)	4,6	0,52
8	0	1,4	2,3	3,8	4,7	5,5	1,8	0,31	4,5	5,8	10,5	32,7	58,0	(92,0)	5,0	0,52
9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10	0	1,6	2,5	3,8	4,6	5,3	2,1	0,36	5,0	6,8	11,0	24,7	49,6	75,0	5,8	0,47
11	0	1,1	2,3	4,8	6,6	8,5	1,3	0,24	4,0	5,5	11,0	28,1	47,0	82,0	4,9	0,46
12	0	1,2	2,6	5,8	8,0	10,3	1,4	0,22	5,0	6,3	11,0	33,1	58,3	92,0	5,6	0,52
13	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
14	0	1,1	2,5	5,5	7,6	9,8	1,3	0,27	4,0	6,5	13,0	36,0	58,1	85,0	5,8	0,29
15	0	1,7	2,5	3,7	4,3	4,9	2,2	0,40	5,0	6,5	11,0	29,4	48,6	73,0	5,8	0,46
16	0	1,1	2,2	4,3	5,6	6,9	1,4	0,32	5,0	6,4	11,0	31,0	52,7	81,0	5,7	0,48
17	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
18	0	1,5	2,6	4,6	5,9	6,5	1,9	0,27	5,0	6,5	12,0	38,3	68,6	88,0	5,6	0,45
19	0	1,1	2,3	4,7	6,3	7,9	1,4	0,25	5,0	6,9	11,6	27,8	43,0	(62,6)	6,4	0,38
20	0	1,1	2,0	3,7	4,8	5,8	1,4	0,27	5,0	6,1	10,0	27,2	46,1	71,0	5,5	0,59
21	0	1,9	3,2	5,4	6,7	8,0	2,4	0,26	5,0	6,7	12,0	33,4	55,6	84,0	6,0	0,40
22	0	2,3	4,0	6,8	8,5	10,1	3,0	0,17	7,0	9,3	15,0	34,6	53,0	(75,0)	8,7	0,32
23	0	2,6	4,0	6,2	7,5	8,6	3,3	0,19	7,0	9,3	15,0	35,2	54,6	78,0	8,6	0,32
24	0	2,6	4,0	6,2	7,4	8,4	3,3	0,22	6,0	9,4	16,0	35,7	52,7	72,0	9,1	0,24
25	0	2,8	4,8	8,2	10,2	12,0	3,6	0,19	7,0	8,9	15,0	41,0	(68,9)	(105,0)	8,0	0,36
26	0	2,7	4,2	6,4	7,7	8,8	3,5	0,20	7,0	9,1	14,0	30,0	44,7	62,0	8,7	0,35
27	0	2,5	4,0	6,3	7,6	8,7	3,3	0,19	7,0	9,3	15,0	34,6	53,0	(75,0)	8,7	0,32
28	0	2,7	4,9	8,8	11,2	13,5	3,5	0,18	7,0	11,0	18,0	37,4	53,3	71,0	10,9	0,22
29	0	2,2	3,8	6,7	8,4	10,0	2,8	0,17	6,0	8,5	14,4	34,3	52,9	75,0	7,9	0,30
30	0	2,4	4,1	6,8	8,4	9,9	3,1	0,15	7,0	8,8	15,0	41,2	51,8	73,0	8,8	0,31
31	0	2,6	4,2	6,7	8,0	9,3	3,4	0,16	7,0	9,1	15,0	37,0	(58,9)	(86,0)	8,4	0,33
32	0	3,1	5,0	8,0	9,7	12,7	4,0	0,19	8,0	11,2	18,0	39,2	58,0	(79,8)	10,7	0,24
33	0	3,1	4,1	5,4	6,1	6,7	3,8	0,28	6,0	8,7	14,5	32,8	49,1	68,0	8,3	0,29
34	0	2,1	3,3	5,0	6,0	6,9	2,7	0,22	6,0	8,8	14,0	29,0	(41,6)	(55,8)	8,6	0,30
35	0	2,3	3,8	6,4	8,0	9,4	2,9	0,25	6,0	9,4	15,5	32,5	46,4	62,0	9,3	0,24
36	0	2,3	3,8	6,4	8,0	9,4	2,9	0,25	6,0	9,1	15,0	32,4	47,2	64,0	8,8	0,25
37	0	2,3	3,8	6,4	8,0	9,4	2,9	0,25	6,0	8,8	15,0	34,4	51,8	72,0	8,4	0,27
38	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
39	0	2,3	3,8	6,4	8,0	9,4	2,9	0,25	6,0	9,3	15,5	33,3	48,2	65,0	9,1	0,22
40	0	2,2	3,8	6,6	8,3	9,8	2,8	0,24	6,5	9,2	15,5	36,0	54,8	77,0	8,7	0,27
41	0	2,3	3,8	6,4	8,0	9,4	2,9	0,25	6,0	9,0	16,0	39,0	60,1	85,0	8,4	0,23
42	0	2,2	3,7	6,3	7,8	9,2	2,9	0,24	6,0	10,1	16,5	33,0	46,0	60,0	10,3	0,20
43	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
44	0	2,3	3,8	6,4	8,0	9,4	2,9	0,25	7,0	9,3	14,5	31,4	46,8	65,0	8,9	0,31
45	0	2,0	3,5	6,3	8,0	9,7	2,5	0,23	7,0	8,7	14,0	35,2	57,1	85,0	8,0	0,41
46	0	2,3	3,9	6,5	8,1	9,5	3,0	0,25	7,0	8,9	13,5	29,3	44,2	62,0	8,4	0,37
47	0	2,4	3,9	6,7	8,3	9,7	3,0	0,25	6,0	8,7	14,5	32,5	48,5	67,0	8,3	0,25
48	0	2,3	3,8	6,4	8,0	9,4	2,9	0,23	6,0	9,2	16,0	37,0	55,6	77,0	8,7	0,24
49	0	1,6	3,0	5,7	7,4	9,0	2,1	0,18	5,0	8,9	15,5	33,5	51,0	(69,0)	8,5	0,23
50	0	1,7	2,9	4,8	5,9	7,0	2,2	0,20	5,0	8,0	14,0	32,2	48,0	(66,1)	7,6	0,26
51	0	1,7	3,1	5,8	7,5	9,1	2,1	0,19	5,0	8,1	14,0	30,9	45,0	61,0	8,0	0,26
52	0	1,7	3,1	5,8	7,5	9,1	2,1	0,19	5,0	8,1	14,0	30,9	45,0	61,0	8,0	0,26
53	0	1,6	3,0	5,7	7,4	9,0	2,1	0,18	5,0	7,9	14,0	32,0	(49,0)	(67,8)	7,6	0,26
54	0	1,7	3,1	5,8	7,5	9,1	2,1	0,19	5,0	8,0	15,0	38,0	(59,1)	(84,1)	7,4	0,25
55	0	1,6	3,0	5,7	7,4	9,0	2,1	0,18	5,0	8,0	14,0	32,0	(47,6)	(65,3)	7,7	0,25
56	0	1,6	3,1	5,9	7,8	9,6	2,0	0,18	5,0	8,4	15,0	34,2	50,5	69,0	8,2	0,24
57	0	1,9	3,3	5,1	6,2	7,7	2,5	0,22	8,0	10,8	17,0	36,9	54,9	76,0	10,3	0,27
58	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
59	0	1,7	3,1	5,8	7,5	9,1	2,1	0,19	5,0	8,2	15,0	36,0	54,6	76,0	7,8	0,25
Mittel	0	2,0	3,4	5,9	7,5	8,9	2,5	0,22	5,7	8,1	13,9	33,8	52,4	74,7	8,1	0,29

HAUPTTABELLE VIII a.

M_k-Tiere.

Nr	Zyklus I	Zyklus II				Zyklus III			
	I_1	c_0	c_1	c_2	I_2	c_0	c_1	c_2	I_3
1	0,35	0,7786	1,9378	1,0545	1,38	2,0988	1,2143	0,8488	3,72
2	0,34	0,7786	1,9378	1,0545	1,38	1,8844	1,1346	0,7931	3,34
3	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4	0,33	0,4344	2,9600	0,9822	0,77	2,0988	1,2431	0,9674	3,72
5	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6	0,30	0,8914	3,1232	1,8705	1,58	2,0988	1,1349	0,6833	3,72
7	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8	0,35	0,7786	1,8168	0,9568	1,38	2,0988	1,3365	0,9342	3,72
9	0,34	0,8698	1,9124	1,0924	1,50	1,8672	1,2620	0,8821	3,22
10	0,34	0,7842	1,9378	1,0545	1,39	2,0988	1,3026	1,1008	3,72
11	0,32	0,7786	1.9378	1,0545	1,38	2,0988	1,3755	1,0704	3,72
12	0,32	0,6883	1,9507	1,0507	1,22	2,1778	1,3099	0,9156	3,86
13	—	—	—	—	—	—	—	—	—
14	0,26	1,0381	2,8395	1,8397	1,84	2,0988	1,2586	0,8798	3,72
15	0,30	0,7617	4,1280	2,6155	1,35	2,0988	1,3300	1,0350	3,72
16	0,28	0,8237	3,2828	2,1847	1,46	2,0988	1,2836	0,9989	3,72
17	0,25	1,0325	3,1992	2,3462	1,83	2,0988	1,1506	0,8043	3,72
18	0,24	0,6770	2,2924	1,3224	1,20	2,0988	1,3365	0,9342	3,72
19	0,29	0,6263	3,0664	1,7463	1,11	2,4260	1,3332	1,2040	4,30
20	0,29	0,6827	3,2368	1,8789	1,21	2,2568	1,3966	1,2222	4,00
21	0,29	0,6263	3,0664	1,7463	1,11	2,3583	1,4061	1,1883	4,18
22	0,29	0,6263	3,4639	2,0056	1,11	2,3696	1,3882	1,2537	4,20
23	0,29	0,6375	3,3504	1,9573	1,13	2,2003	1,3506	1,2197	3,90
24	0,29	0,6263	3,0664	1,7463	1,11	2,4712	1,5025	1,3148	4,38
25	0,30	0,6488	2,9529	1,6979	1,15	2,3301	1,4308	1,1134	4,13
26	0,29	0,7391	2,8961	1,7637	1,31	2,4429	1,4262	1,3609	4,33
27	0,30	0,6488	2,9529	1,6979	1,15	2,1439	1,3508	1,0512	3,80
28	0,29	0,6263	3,0664	1,7063	1,11	2,1439	1,4516	1,1296	3,80
29	0,29	0,6263	3,3504	1,9573	1,11	2,3470	1,2945	1,0074	4,16
30	0,30	0,6488	2,9529	1,6979	1,15	2,2568	1,2945	1,0074	4,00
31	0,33	0,6601	3,2368	1,9489	1,17	2,0875	1,6608	1,6238	3,70
32	0,33	0,6319	3,3504	1,9873	1,12	2,2568	1,2707	0,8882	4,00
33	0,33	0,6319	3,0664	1,8463	1,12	2,2568	1,2407	1,0485	4,00
34	0,30	0,6206	3,5088	2,1126	1,10	2,5614	1,4995	1,4308	4,54
35	0,32	0,5811	3,4056	2,0605	1,03	2,4260	1,2916	1,1664	4,30
36	0,32	0,6375	3,9216	2,3812	1,13	2,5389	1,2229	1,0335	4,50
37	—	—	—	—	—	—	—	—	—
38	0,30	0,4796	3,3024	1,7084	0,85	2,4824	1,2705	1,1474	4,40
39	0,30	0,6206	2,9928	1,7520	1,10	2,3132	1,3097	1,1068	4,10
40	0,32	0,6375	2,8896	1,6798	1,13	2,3132	1,2996	1,1737	4,10
41	0,31	0,6432	3,7152	2,2369	1,14	2,5389	1,2525	1,0585	4,50
42	0,31	0,6150	3,6120	2,1548	1,09	2,4599	1,3332	1,2040	4,36
43	0,32	0,6093	3,4056	2,0005	1,08	2,4994	1,0948	0,9252	4,43
Mittel	0,30	0,7052	3,0896	1,8364	1,25	2,2511	1,3155	1,0815	3,99

HAUPTTABELLE VIII b.

M_k-Tiere.

Nr	Zyklus II gerechnet von $t=0$								Zyklus III korrigiert zur Zeit $t=0$							
	$t_{0.2}$	t_{-1}	$t_{0.5}$	t_1	t_2	t_3	t_m	h_m	$t_{0.3}$	t_{-1}	$t_{0.5}$	t_1	t_2	t_d	t_m	h_m
1	0	1,5	3,5	8,1	11,5	15,0	1,7	0,27	5,0	6,3	10,0	24,1	38,3	56,0	5,8	0,54
2	0	1,5	3,5	8,1	11,5	15,0	1,7	0,27	5,0	6,2	10,0	26,0	(43,1)	(65,0)	5,6	0,52
3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4	0	1,2	2,1	3,7	4,7	5,6	1,6	0,30	5,0	6,6	11,0	27,2	43,2	63,0	6,0	0,44
5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6	0	2,4	4,0	6,7	8,5	9,8	3,0	0,35	6,0	7,0	10,0	22,8	36,4	54,0	6,5	0,72
7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8	0	1,4	3,4	8,2	11,9	15,9	1,5	0,28	5,0	6,5	10,0	21,9	33,0	(46,2)	6,1	0,51
9	0	1,6	3,7	8,7	12,4	16,3	1,8	0,28	5,0	6,4	10,0	23,2	36,0	(51,7)	5,9	0,47
10	0	1,5	3,5	8,1	11,5	15,0	1,7	0,27	5,0	7,0	12,0	29,4	46,0	(66,6)	6,5	0,37
11	0	1,5	3,5	8,1	11,5	15,0	1,7	0,27	5,0	6,8	11,0	24,6	37,0	(51,6)	6,5	0,42
12	0	1,5	3,5	8,0	11,3	14,7	1,7	0,24	5,0	6,4	10,0	22,3	34,0	(48,0)	6,1	0,54
13	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
14	0	2,5	4,4	7,9	10,0	12,0	3,2	0,34	6,0	7,4	11,0	24,2	37,2	53,0	6,9	0,53
15	0	2,9	4,3	6,4	7,5	8,5	3,7	0,34	5,0	6,8	11,0	25,4	38,9	54,0	6,3	0,43
16	0	2,8	4,6	7,6	9,3	10,9	3,6	0,28	5,0	6,7	11,0	26,3	41,1	59,0	6,2	0,44
17	0	3,3	5,4	9,0	11,1	13,0	4,2	0,30	6,0	7,2	11,0	26,6	43,0	64,0	6,7	0,57
18	0	1,9	3,8	7,7	10,3	12,9	2,3	0,23	5,0	6,5	10,0	21,9	33,0	(46,2)	6,1	0,51
19	0	2,2	3,7	6,3	7,9	9,3	2,8	0,28	6,0	8,4	14,0	33,1	51,0	(72,0)	7,8	0,37
20	0	2,3	3,8	6,3	7,8	9,1	3,0	0,29	6,0	8,3	13,5	30,1	45,0	(62,5)	7,9	0,36
21	0	2,2	3,7	6,3	7,9	9,3	2,8	0,28	6,0	8,2	13,0	28,3	42,0	(58,0)	7,8	0,40
22	0	2,4	3,8	6,1	7,4	8,6	3,0	0,28	6,0	8,5	14,0	31,9	48,0	67,0	8,0	0,36
23	0	2,4	3,8	6,2	7,6	8,9	3,0	0,27	6,0	8,4	14,0	32,7	50,0	(70,5)	7,9	0,33
24	0	2,2	3,7	6,3	7,9	9,3	2,8	0,28	6,0	8,5	13,5	28,2	40,7	55,0	8,3	0,39
25	0	2,2	3,8	6,5	8,4	9,8	2,8	0,26	6,0	7,9	12,0	24,7	36,0	(49,0)	7,6	0,46
26	0	2,3	4,0	7,1	9,0	10,7	3,0	0,18	6,0	8,9	15,0	34,1	51,2	71,0	8,4	0,32
27	0	2,2	3,8	6,5	8,4	9,8	2,8	0,26	6,0	7,8	12,0	26,0	39,0	(54,4)	7,4	0,43
28	0	2,2	3,6	6,3	7,9	9,0	2,8	0,28	6,0	8,0	12,0	24,4	36,0	(47,9)	7,7	0,42
29	0	2,4	3,8	6,2	7,6	8,9	3,0	0,27	6,0	7,7	12,0	27,1	41,5	59,0	7,2	0,48
30	0	2,2	3,8	6,5	8,4	9,8	2,8	0,26	6,0	7,7	12,0	27,1	41,5	59,0	7,2	0,47
31	0	2,4	4,0	6,6	8,1	9,6	3,1	0,26	5,0	8,6	14,5	30,3	43,0	(57,0)	8,6	0,26
32	0	2,4	3,9	6,4	7,8	9,1	3,1	0,26	6,0	7,4	11,0	24,0	36,6	52,0	7,0	0,57
33	0	2,4	4,0	6,8	8,5	10,0	3,0	0,26	5,0	6,9	12,0	31,0	(49,8)	(73,0)	6,3	0,41
34	0	2,5	4,0	6,4	7,7	8,9	3,2	0,26	5,0	8,0	14,0	31,7	46,8	64,0	7,8	0,33
35	0	2,5	4,0	6,5	7,9	9,2	3,2	0,26	6,0	8,3	14,0	34,3	53,6	77,0	7,6	0,38
36	0	2,7	4,0	6,1	7,3	8,3	3,4	0,29	6,0	7,9	13,0	32,5	52,0	(76,0)	7,2	0,47
37	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
38	0	2,0	3,3	5,4	6,6	7,7	2,6	0,24	6,0	8,2	14,0	34,8	55,0	(80,0)	7,5	0,39
39	0	2,2	3,8	6,6	8,3	9,9	2,9	0,24	6,0	8,0	13,0	30,3	46,6	66,0	7,5	0,41
40	0	2,2	3,8	6,7	8,5	10,1	2,8	0,25	6,0	8,3	14,0	34,0	(53,1)	(76,0)	7,7	0,36
41	0	2,6	4,0	6,2	7,4	8,5	3,3	0,29	6,0	7,9	13,0	31,7	50,0	(72,0)	7,3	0,46
42	0	2,5	4,0	6,2	7,5	8,6	3,2	0,27	6,0	8,4	14,0	33,1	51,0	(72,0)	7,8	0,38
43	0	2,4	3,9	6,2	7,6	8,9	3,1	0,26	7,0	8,6	14,0	38,0	64,4	99,0	7,8	0,51
Mittel	0	2,3	3,9	6,7	8,3	9,8	3,0	0,28	5,7	7,6	12,3	28,6	43,9	62,3	7,1	0,42

HAUPTTABELLE IX a.

LM-Tiere.

	Nr	Zyklus I	Zyklus II				Zyklus III			
		I_1	c_0	c_1	c_2	I_2	c_0	c_1	c_2	I_3
	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	2	0,31	0,4739	4,4376	2,7919	0,84	2,4712	1,1546	0,8985	4,38
	3	0,34	0,4514	5,4696	3,2632	0,80	2,4712	1,0760	0,8373	4,38
	4	0,31	0,4401	4,7980	3,0138	0,78	2,4712	1,1187	0,8706	4,38
	5	0,32	0,4965	4,5244	2,7726	0,88	2,4712	1,1165	0,8689	4,38
	6	0,30	0,4852	4,5244	2,7726	0,86	2,4712	1,1165	0,8689	4,38
	7	0,26	0,5416	4,4944	3,0616	0,96	2,4712	1,0546	0,8207	4,38
$L_{5g}M$	8	0,30	0,4514	5,4696	3,5132	0,80	2,4712	1,1576	0,9783	4,38
	9	0,32	0,4514	5,9856	3,8039	0,80	2,4712	1,1761	0,9152	4,38
	10	0,36	0,6150	3,9014	2,6271	1,09	2,4712	1,1711	0,9897	4,38
	11	0,35	0,4796	2,8747	1,5995	0,85	2,3527	1,1915	0,9272	4,17
	12	0,28	0,5473	3,2170	2,1787	0,97	2,4712	1,1403	0,9637	4,38
	13	0,32	0,4965	2,9040	1,7299	0,88	2,4712	1,1760	0,9938	4,38
	14	0,33	0,4626	3,0116	1,9151	0,82	2,4712	1,2454	1,1247	4,38
	15	0,32	0,5247	3,1485	1,9708	0,93	2,4712	1,1235	0,9495	4,38
	16	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	17	0,32	0,4288	5,0505	3,0503	0,76	2,4712	1,0735	0,8354	4,38
L_6M	18	0,33	0,5191	4,6717	2,9455	0,92	2,3527	1,1061	0,7732	4,17
	19	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	20	0,34	0,4852	5,3030	3,2868	0,86	2,4712	1,0546	0,8207	4,38
	21	0,34	0,5134	3,5354	2,1912	0,91	2,5953	1,1210	1,0124	4,60
	22	0,36	0,4457	3,9141	2,1460	0,79	2,3527	1,1062	0,7732	4,17
L_7M	23	0,28	0,5360	3,9141	2,1426	0,95	2,3527	1,1348	0,7932	4,17
	24	0,35	0,5078	4,4192	2,7590	0,90	2,4712	1,0965	0,8533	4,38
	25	0,28	0,5529	3,2170	2,1887	0,98	2,3527	1,1760	0,9938	4,17
	26	0,32	0,3442	6,0761	3,7384	0,61	2,4712	1,0739	0,7951	4,38
	27	0,32	0,5078	3,2827	2,0046	0,90	2,4712	1,1242	0,9501	4,38
L_8M	28	0,34	0,4175	3,5775	2,1540	0,74	2,4712	1,2028	1,0165	4,38
	29	0,27	0,3893	4,0774	2,5830	0,69	2,4712	1,1761	0,9152	4,38
	30	0,36	0,4852	4,3593	2,7172	0,86	2,4712	1,1959	1,0107	4,38
$L_{32}M$	31	0,30	0,4401	3,0867	1,9576	0,78	2,2680	1,3772	1,2437	4,02
$L_{40}M$	32	—	—	—	—	—	—	—	—	—
$L_{51}M$	33	0,26	0,6037	2,6010	1,8881	1,04	2,0593	1,0646	0,8998	3,65
$L_{46}M$	34	0,27	0,5247	2,9432	2,1773	0,93	2,0593	1,3561	1,2940	3,65
	35	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	36	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	37	0,28	0,6375	3,1232	1,8665	1,13	1,7490	1,5569	1,4856	(3,10)
							2,3357	1,5569	1,9544	4,14
	38	0,27	0,4231	2,8961	1,4737	0,75	1,9182	1,4768	1,3337	(3,40)
							2,5614	1,4768	1,5584	4,54
	39	0,26	0,4175	2,9529	1,5179	0,74	1,8618	1,3945	1,2594	(3,30)
$L_{17p}M$							2,4824	1,3945	1,4896	4,40
	40	0,27	0,4119	3,2936	1,7031	0,73	1,1439	1,4241	1,4241	(3,80)
							2,7645	1,4241	1,6357	4,90
	41	0,30	0,4514	3,0664	1,6163	0,80	1,9182	1,5075	1,5075	(3,40)
							2,4712	1,5075	1,7066	4,38
	42	0,28	0,3949	3,1800	1,5747	0,70	1,8957	1,3829	1,1687	(3,36)
							2,5332	1,3829	1,4616	4,49
	43	0,29	0,4514	3,4072	1,8415	0,80	1,9182	1,4611	1,3942	(3,40)
							2,4712	1,4611	1,6189	4,38

Haupttabelle IX a. (Forts.).

	Nr	Zyklus I	Zyklus II				Zyklus III			
		I_1	c_0	c_1	c_2	I_2	c_0	c_1	c_2	I_3
	44	0,29	0,4514	3,4072	1,8415	0,80	1,8393	1,3210	1,1164	(3,26)
							2,4599	1,3210	1,4093	4,36
	45	0,28	0,3949	3,1800	1,5747	0,70	1,9634	1,6076	1,5340	(3,48)
							2,4655	1,6076	1,7586	4,37
	46	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	47	0,28	0,4288	3,0664	1,5963	0,76	2,0311	1,5577	1,4864	(3,60)
							2,5276	1,5577	1,7110	4,48
	48	0,28	0,4344	3,2368	1,6889	0,77	1,9182	1,3688	1,3061	(3,40)
							2,4824	1,3688	1,5247	4,40
	49	0,29	0,3893	3,5207	1,7198	0,69	1,9295	1,6588	1,6218	(3,42)
							2,5389	1,6588	1,8465	4,50
	50	0,29	0,4514	3,4072	1,8415	0,80	1,9408	1,4778	1,3346	(3,44)
							2,5840	1,4778	1,6275	4,58
	51	0,28	0,4062	2,6122	1,2628	0,72	1,9182	1,3793	1,3161	(3,40)
							2,4768	1,3793	1,5364	4,39
	52	0,28	0,4514	2,9529	1,5679	0,80	2,0875	1,4046	1,3403	(3,70)
$L_{17p}M$							2,7589	1,4046	1,5649	4,89
	53	0,27	0,4119	2,9529	1,5179	0,73	1,9747	1,3586	1,2270	(3,50)
							2,5501	1,3586	1,4238	4,52
	54	0,28	0,4344	3,2368	1,7189	0,77	1,9295	1,3583	1,2961	(3,42)
							2,6348	1,3583	1,5309	4,67
	55	0,29	0,4457	2,8393	1,4895	0,79	2,0875	1,5193	1,5193	(3,70)
							2,5445	1,5193	1,7442	4,51
	56	0,29	0,4288	2,6122	1,2828	0,76	2,1439	1,5165	1,4827	(3,80)
							2,8266	1,5165	1,7074	5,01
	57	0,26	0,4514	2,9529	1,6779	0,80	2,0537	1,6308	1,6983	(3,64)
							2,5050	1,6308	1,9230	4,44
	58	0,27	0,3836	2,7708	1,3219	0,68	1,9182	1,4141	1,4141	(3,40)
							2,6178	1,4141	1,6217	4,64
	59	0,28	0,4175	2,7257	1,3411	0,74	2,0649	1,3835	1,3835	(3,66)
							2,5276	1,3835	1,5716	4,48
	60	0,30	0,4514	3,0664	1,6163	0,80	2,0311	1,3015	1,1754	(3,60)
							2,7137	1,3015	1,4218	4,81
	61	0,29	0,4457	2,8393	1,4895	0,79	2,0085	1,4465	1,3063	(3,56)
							2,6348	1,4465	1,5399	4,67
Mittel ($L_{5g}M$—L_8M):		0,32	0,4852	3,7304	2,3405	0,86	2,4204	1,1449	0,9323	4,29
Mittel ($L_{17p}M$):		0,28	0,4344	3,0314	1,5757	0,77	(1,9690)	1,4468	1,3736	(3,49)
							2,5614	1,4468	1,6126	4,54

HAUPTTABELLE IX b.

LM-Tiere.

	Nr	Zyklus II gerechnet von $t=0$								Zyklus III korrigiert zur Zeit $t=0$							
		$t_{0.2}$	t_{-1}	$t_{0.5}$	t_1	t_2	t_3	t_m	h_m	$t_{0.3}$	t_{-1}	$t_{0.5}$	t_1	t_2	t_d	t_m	h_m
	1	—	—	—	—	—	—	—	—	-	—	—	—	—	—	—	—
	2	0	3,0	4,3	6,1	7,2	8,0	3,7	0,23	7,0	8,5	13,0	31,6	51,1	76,0	7,8	0,56
	3	0	2,9	4,0	5,3	6,0	6,6	3,6	0,28	7,0	8,3	13,0	34,3	58,0	(89,3)	7,6	0,60
	4	0	3,0	4,2	6,0	6,9	7,6	3,8	0,23	8,0	9,4	14,0	33,7	55,0	(82,6)	8,7	0,58
	5	0	2,8	4,1	5,7	6,7	7,6	3,5	0,26	7,0	8,4	13,0	32,8	54,2	82,0	7,7	0,58
	6	0	2,8	4,1	5,7	6,7	7,6	3,5	0,25	7,0	8,4	13,0	32,8	54,2	82,0	7,7	0,58
$L_{5g}M$	7	0	3,3	4,8	6,9	8,0	9,0	4,2	0,24	8,0	9,3	14,0	36,1	61,3	95,0	8,6	0,62
	8	0	3,3	4,4	5,9	6,7	7,3	4,0	0,26	7,0	8,7	14,0	35,6	58,2	87,0	8,0	0,60
	9	0	3,3	4,3	5,7	6,3	6,9	4,0	0,28	7,0	8,5	13,0	31,0	49,5	73,0	7,9	0,55
	10	0	3,1	4,7	7,2	8,5	9,7	4,0	0,24	7,0	8,7	14,0	35,1	57,0	(86,3)	8,0	0,47
	11	0	2,0	3,6	6,3	8,0	9,6	2,6	0,20	7,0	8,5	13,0	30,5	48,4	71,0	7,9	0,52
	12	0	2,9	4,8	7,9	9,7	11,4	3,7	0,18	7,0	8,7	14,0	36,2	59,7	90,0	7,9	0,48
	13	0	2,3	3,9	6,9	8,7	10,4	2,9	0,19	7,0	8,8	14,0	35,0	56,6	84,0	8,0	0,47
	14	0	2,5	4,3	7,4	9,3	11,0	3,2	0,16	6,0	8,2	14,0	35,6	56,8	83,0	7,4	0,39
	15	0	2,5	4,2	7,1	8,8	10,3	3,2	0,19	7,0	8,6	14,0	36,8	61,3	94,0	7,9	0,49
	16	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	17	0	2,9	4,0	5,5	6,4	7,0	3,6	0,25	8,0	9,3	14,0	35,3	59,2	91,0	8,6	0,61
L_6M	18	0	3,0	4,3	6,1	7,0	7,8	3,8	0,26	8,0	9,1	13,0	29,8	48,1	72,0	8,6	0,67
	19	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	20	0	3,1	4,2	5,7	6,4	7,1	3,8	0,28	8,0	9,3	14,0	36,1	61,3	95,0	8,6	0,62
	21	0	2,6	4,2	6,6	8,0	9,3	3,4	0,21	7,0	8,6	15,0	36,9	61,6	106,0	7,8	0,52
	22	0	2,3	3,5	5,4	6,4	7,3	3,0	0,23	8,0	9,1	13,0	29,8	48,1	72,0	8,6	0,67
L_7M	23	0	2,7	4,2	6,3	7,5	8,6	3,5	0,24	8,0	9,2	13,0	29,0	46,0	68,0	8,6	0,65
	24	0	2,9	4,2	6,1	7,1	8,0	3,7	0,25	8,0	9,4	14,0	34,5	57,0	(86,5)	8,7	0,59
	25	0	2,9	4,8	7,9	9,8	11,5	3,7	0,18	8,0	9,8	15,0	36,0	57,6	85,0	9,0	0,45
	26	-1	2,2	3,1	4,4	5,0	5,6	2,8	0,23	8,0	9,2	13,5	33,1	54,9	84,0	8,6	0,66
	27	0	2,5	4,1	6,7	8,2	9,6	3,2	0,20	8,0	9,6	15,0	37,8	62,3	94,0	8,9	0,49
L_8M	28	0	2,5	4,0	6,3	7,6	8,8	3,3	0,18	6,0	7,8	13,0	33,1	53,5	79,0	7,1	0,46
	29	0	2,9	4,3	6,4	7,6	8,6	3,7	0,17	8,0	9,5	14,0	32,0	50,5	74,0	8,9	0,55
	30	0	2,9	4,2	6,1	7,1	8,0	3,7	0,23	8,0	9,8	15,0	35,3	56,0	82,0	9,1	0,46
$L_{32}M$	31	0	2,5	4,3	7,3	9,1	10,7	3,3	0,16	8,0	10,5	16,0	34,1	50,6	70,0	10,0	0,34
$L_{40}M$	32	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	-	—	—	—	—
$L_{51}M$	33	0	2,8	5,3	10,0	12,9	15,7	3,6	0,16	9,0	10,5	16,0	41,3	69,9	108,0	9,7	0,44
$L_{46}M$	34	0	3,2	5,5	9,6	12,0	14,3	4,0	0,14	8,0	10,7	17,0	37,9	57,2	80,0	10,1	0,28
	35	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	36	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	37	0	2,4	3,9	6,7	8,3	9,7	3,0	0,26	6,0	9,2	15,0	30,5	(45,5)	(61,1)	9,0	0,23
										6,0	(12,3)	(24,0)	57,2	85,0	(116,1)	12,0	0,15

	38	0	1,8	3,2	5,7	7,1	8,5	2,5	0,19	5,0	8,4	14,0	33,3	(72,3)	83,5	9,5	0,26
										6,0	(9,8)	17,4	40,2	60,0	(82,7)	9,4	0,27
	39	0	1,9	3,3	5,7	7,1	8,5	2,4	0,19	6,0	8,5	14,0	(31,7)	(47,7)	(66,4)	8,0	0,28
										6,0	(9,6)	17,7	43,6	66,0	(94,4)	9,0	0,25
	40	0	2,0	3,3	5,4	6,6	7,7	2,6	0,20	5,0	8,2	15,0	(36,4)	(55,4)	(77,4)	7,7	0,26
										5,0	(9,5)	19,1	49,2	75,9	107,0	8,8	0,23
	41	0	2,0	3,4	5,7	7,1	8,4	2,5	0,21	5,0	8,4	15,0	(34,5)	(51,1)	(69,9)	8,1	0,23
										5,0	(9,6)	18,6	44,9	67,4	93,0	9,2	0,21
	42	0	1,9	3,1	5,2	6,5	7,6	2,4	0,20	6,0	8,2	13,0	(28,6)	(43,0)	(59,8)	7,8	0,33
										6,0	(9,5)	17,4	43,0	(66,3)	(93,6)	8,9	0,27
	43	0	2,2	3,5	5,6	6,8	7,9	2,8	0,22	5,0	8,0	14,0	(32,4)	(48,5)	(67,0)	7,6	0,25
										5,0	(9,2)	17,8	44,1	67,0	(93,4)	8,7	0,23
	44	0	2,2	3,5	5,6	6,8	7,9	2,8	0,22	6,0	8,0	13,0	(30,0)	(46,0)	(65,2)	7,5	0,32
										6,0	(9,4)	17,7	46,0	(72,7)	104,6	8,6	0,26
	45	0	1,9	3,1	5,2	6,5	7,6	2,4	0,20	5,0	8,3	14,0	(29,8)	(42,7)	(57,0)	8,2	0,25
										5,0	(9,5)	17,4	39,2	57,0	(76,7)	9,5	0,23
	46	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	47	0	1,9	3,3	5,6	7,0	8,3	2,5	0,20	5,0	8,2	14,0	(30,6)	(44,5)	(60,0)	8,0	0,26
										5,0	(9,4)	17,5	40,7	60,0	(81,7)	9,2	0,24
	48	0	2,0	3,3	5,5	6,8	7,9	2,6	0,21	5,0	7,7	14,0	(34,6)	(53,4)	(75,6)	7,2	0,26
										5,0	(9,0)	18,0	47,7	74,9	107,0	8,2	0,23
	49	0	1,9	3,1	4,9	5,9	6,9	2,5	0,21	5,0	8,6	14,5	(30,4)	(43,1)	(57,0)	8,6	0,24
										5,0	(9,9)	18,0	39,6	57,0	(76,0)	10,0	0,23
$L_{17p}\,M$	50	0	2,2	3,5	5,6	6,8	7,9	2,8	0,22	5,0	7,7	13,0	(29,1)	(43,0)	(58,9)	7,4	0,29
										5,0	(9,2)	17,6	43,0	(65,0)	(90,1)	8,8	0,24
	51	0	1,6	3,0	5,7	7,3	9,0	2,1	0,18	5,0	7,8	14,0	(34,3)	(52,8)	(74,5)	7,2	0,26
										5,0	(9,0)	18,0	47,3	74,0	(105,4)	8,2	0,23
	52	0	2,0	3,4	5,9	7,4	8,8	2,5	0,20	5,0	7,8	14,0	(33,7)	(51,4)	(72,0)	7,4	0,28
										5,0	(9,1)	18,0	46,4	72,0	(101,8)	8,4	0,25
	53	0	1,9	3,3	5,7	7,1	8,5	2,4	0,19	6,0	8,4	14,0	(32,5)	(49,6)	(69,8)	7,9	0,30
										6,0	(9,4)	17,2	43,0	66,8	95,0	8,7	0,28
	54	0	2,1	3,4	5,6	6,9	8,1	2,6	0,20	5,0	7,7	14,0	(34,8)	(54,0)	(76,8)	7,1	0,26
										5,0	(9,0)	18,4	49,4	78,0	(111,8)	8,2	0,24
	55	0	1,9	3,3	5,9	7,5	9,0	2,4	0,19	5,0	8,4	15,0	(34,2)	(50,5)	(69,0)	8,2	0,24
										5,0	(9,8)	19,1	46,1	69,0	(95,0)	9,5	0,24
	56	0	1,7	3,1	5,8	7,5	9,1	2,1	0,19	5,0	8,2	14,5	(32,8)	(48,4)	(66,0)	8,0	0,26
										5,0	(9,6)	18,4	44,1	66,0	(90,8)	9,2	0,25
	57	0	2,1	3,7	6,4	8,1	9,6	2,7	0,18	6,0	10,1	17,0	(35,9)	(51,1)	(68,0)	10,1	0,22
										6,0	(11,6)	21,1	47,0	68,0	(91,4)	11,6	0,19
	58	0	1,7	3,0	5,4	6,9	8,3	2,1	0,18	5,0	8,2	15,0	(36,6)	(56,0)	(78,5)	7,7	0,23
										5,0	(9,4)	19,0	49,3	76,5	108,0	8,7	0,22
	59	0	1,7	3,1	5,6	7,2	8,7	2,2	0,19	5,0	8,1	15,0	(37,4)	(57,8)	(81,8)	7,5	0,25
										5,0	(9,2)	18,7	49,4	77,2	110,0	8,4	0,22
	60	0	2,0	3,4	5,7	7,1	8,4	2,5	0,21	6,0	8,3	14,0	(34,0)	(52,9)	(75,8)	7,7	0,31
										6,0	(9,5)	18,4	49,2	78,6	114,0	8,6	0,27
	61	0	1,9	3,3	5,9	7,5	9,0	2,4	0,19	6,0	8,6	14,0	(30,7)	(45,3)	(62,2)	8,3	0,30
										6,0	(9,8)	17,6	41,8	63,0	(87,5)	9,3	0,27
Mittel ($L_{59}\,M - L_8\,M$):		0	2,7	4,2	6,6	7,9	9,0	3,5	0,20	7,5	9,1	14,0	34,5	56,2	84,1	8,4	0,51
Mittel ($L_{17p}\,M$):		0	1,9	3,3	5,7	7,1	8,4	2,5	0,20	5,4	8,3	14,3	(32,8)	(49,4)	(67,9)	7,9	0,26
										5,4	(9,6)	18,4	45,5	69,3	96,8	9,1	0,23

HAUPTTABELLE X a.

ML-Tiere.

	Nr	Zyklus I	Zyklus II				Zyklus III			
		I_1	c_0	c_1	c_2	I_2	c_0	c_1	c_2	I_3
	1	0,29	0,4796	3,2099	1,6727	0,85	2,3527	1,3652	1,3027	4,17
	2	0,31	0,5585	3,6911	2,0124	0,99	2,0593	1,3930	1,3292	3,65
	3	0,28	0,5755	3,4780	2,0941	1,02	2,0593	1,2315	1,1122	3,65
	4	0,32	0,5529	3,1718	1,6397	0,98	2,0593	1,3995	1,2639	3,65
	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	6	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	7	0,30	0,5642	3,4708	1,9098	1,00	2,0593	1,2188	1,1630	3,65
	8	0,26	0,5868	3,9977	2,4970	1,04	2,0593	1,2416	1,0093	3,65
$M_{4g}L$	9	0,26	0,5868	3,0673	1,9168	1,04	2,0593	1,1833	1,0000	3,65
	10	0,28	0,5755	2,7907	1,6203	1,02	2,0593	1,3772	1,2437	3,65
	11	0,30	0,5642	2,5554	1,3886	1,00	2,0593	1,2719	1,2136	3,65
	12	0,30	0,5642	3,2050	1,6697	1,00	2,0593	1,2719	1,2136	3,65
	13	0,35	0,4231	5,9200	2,8284	0,75	2,0593	1,3127	1,2526	3,65
	14	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	15	0,27	0,5247	3,1276	1,7831	0,93	2,0593	1,3561	1,2247	3,65
	16	0,28	0,4062	4,7472	2,3483	0,72	2,0593	1,2564	1,1347	3,65
	17	0,29	0,5980	2,9630	1,8140	1,06	2,0593	1,4627	1,3210	3,65
	18	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	19	0,32	0,5811	3,9750	2,1833	1,03	2,0593	1,6443	1,5690	3,65
M_5L	20	0,36	0,4739	6,1920	3,2282	0,84	2,0593	1,8010	2,0641	3,65
	21	0,27	0,4683	4,1757	2,3042	0,83	2,0593	1,4996	1,4309	3,65
	22	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	23	0,40	0,5642	4,6564	2,6236	1,00	2,0593	1,4627	1,3210	3,65
	24	0,30	0,5360	5,1107	2,8272	0,95	2,0593	1,2337	0,9601	3,65
M_6L	25	0,28	0,4796	3,4639	1,8256	0,85	2,0593	1,2743	1,0769	3,65
	26	0,32	0,5529	5,1942	2,8174	0,98	2,0593	1,3426	1,2811	3,65
	27	0,28	0,4908	3,4979	1,8361	0,87	1,7659	1,2705	1,1474	3,13
	28	0,36	0,4739	4,6440	2,4162	0,84	2,1439	1,5276	1,4576	3,80
	29	0,31	0,5021	4,5408	2,3940	0,89	2,1439	1,3882	1,2537	3,80
M_7L	30	0,32	0,5360	3,7152	1,9469	0,95	2,1439	1,3269	1,1983	3,80
	31	0,30	0,4796	3,5207	1,5998	0,85	2,0593	1,3654	1,3654	3,65
	32	0,30	0,5360	4,5429	2,4653	0,95	2,1439	1,4736	1,4061	3,80
	33	0,34	0,4852	5,1600	2,7768	0,86	2,1439	1,4611	1,3942	3,80
	34	0,28	0,5642	4,1564	2,5626	1,00	2,1439	1,4680	1,4680	3,80
M_8L	35	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	36	0,34	0,5698	3,4639	1,8256	1,01	2,1439	1,5456	1,5456	3,80
	37	0,27	0,5247	5,2510	2,8616	0,93	2,0593	1,3059	1,0163	3,65
	38	0,30	0,5078	4,1454	2,2759	0,90	2,0593	1,4492	1,2247	3,65
M_9L	39	0,31	0,5585	4,3725	2,4027	0,99	2,1439	1,6640	1,5878	3,80
	40	0,32	0,5416	4,4861	2,3511	0,96	2,1439	1,5738	1,5017	3,80
	41	0,30	0,5811	3,6911	2,0624	1,03	2,0593	1,3210	1,1164	3,65
	42	—	—	—	—	—	—	—	—	—
$M_{10}L$	43	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	44	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	45	0,32	0,5811	3,8614	2,2649	1,03	1,9408	1,3563	1,0555	3,44
	46	0,29	0,6263	3,6433	2,1082	1,11	2,2568	1,3496	1,1405	(4,00)
$M_{14p}L$	47	0,29	0,6263	3,7479	2,0866	1,11	2,0198 2,3583 2,2850	1,3496 1,3882 1,3882	1,1451 1,2536 1,4784	3,58 (4,18) 4,05

Haupttabelle X a (Forts.).

	Nr	Zyklus I	Zyklus II				Zyklus III			
		I_1	c_0	c_1	c_2	I_2	c_0	c_1	c_2	I_3
	48	0,30	0,6206	3,6911	2,1024	1,10	2,3696	1,4368	1,2976	(4,20)
							2,2342	1,4368	1,5397	3,96
	49	0,29	0,6263	3,6343	2,1082	1,11	2,1552	1,3507	1,1415	(3,82)
							2,0706	1,3507	1,2064	3,67
	50	0,29	0,6263	3,6343	2,1082	1,11	2,2568	1,2850	1,0000	(4,00)
							1,9747	1,2850	1,0445	3,50
	51	0,29	0,6263	3,4639	2,0056	1,11	2,3470	1,2755	1,0779	(4,16)
							2,1214	1,2755	1,1558	3,76
	52	0,33	0,6601	3,2368	1,9489	1,17	2,2003	1,4206	1,2065	(3,90)
							2,0706	1,4206	1,3206	3,67
	53	0,33	0,6601	3,3504	1,9873	1,17	2,1439	1,2337	0,9134	(3,80)
							1,9408	1,2337	0,9601	3,44
	54	0,31	0,6150	3,6911	2,1824	1,09	2,1439	1,4558	1,3530	(3,80)
							2,0480	1,4558	1,3640	3,63
	55	0,30	0,5642	2,8961	1,5237	1,00	2,3357	1,1911	0,8325	(4,14)
							2,1721	1,1911	0,9456	3,85
	56	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	57	0,34	0,6714	3,5088	2,0726	1,19	2,2003	1,2992	1,0110	(3,90)
$M_{14p}\,L$							2,1157	1,2992	1,1306	3,75
	58	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	59	0,33	0,6770	3,4056	2,0505	1,20	2,1101	1,2567	1,0620	(3,74)
							2,0593	1,2567	1,2175	3,65
	60	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	61	0,34	0,6940	3,7152	2,1969	1,23	2,0875	1,4688	1,2413	(3,70)
							1,9972	1,4688	1,3034	3,54
	62	0,34	0,6940	3,7152	2,1969	1,23	2,1891	1,3568	1,0559	(3,88)
							2,0593	1,3568	1,2350	3,65
	63	0,31	0,6714	3,5088	2,0726	1,19	2,0875	1,4322	1,1642	(3,70)
							1,9747	1,4322	1,2115	3,50
	64	0,31	0,6714	3,5088	2,0726	1,19	2,2116	1,5699	1,3267	(3,92)
							2,1383	1,5699	1,4693	3,79
	65	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	66	0,32	0,6375	3,8184	2,2791	1,13	2,2003	1,4153	1,1961	(3,90)
							2,2003	1,4153	1,3121	3,90
	67	0,32	0,6770	3,9216	2,3612	1,20	2,1439	1,6432	1,3887	(3,80)
							2,1044	1,6432	1,6326	3,73
	68	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Mittel ($M_{4g}\,L - M_{10}\,L$):		0,31	0,5303	3,7000	2,0132	0,94	2,0762	1,3793	1,2749	3,68
Mittel ($M_{14p}\,L$):		0,31	0,6488	3,5031	2,0311	1,15	(2,2116)	1,3696	1,1402	3,92
							2,0875	1,3696	1,2537	3,70

HAUPTTABELLE X b.

ML-Tiere.

	Nr	Zyklus II gerechnet von $t=0$								Zyklus III korrigiert zur Zeit $T=0$							
		$t_{0.2}$	t_{-1}	$t_{0.5}$	t_1	t_2	t_3	t_m	h_m	$t_{0.3}$	t_{-1}	$t_{0.5}$	t_1	t_2	t_d	t_m	h_m
	1	0	2,0	3,3	5,5	6,8	8,0	3,2	0,23	8,0	10,7	17,0	37,7	56,6	79,0	10,2	0,32
	2	0	2,3	3,5	5,5	6,5	7,5	2,9	0,28	7,0	9,8	16,0	36,0	54,0	(75,0)	9,3	0,27
	3	0	2,5	4,0	6,4	7,8	9,0	3,1	0,24	9,0	11,1	17,0	39,0	60,9	88,0	10,4	0,33
	4	0	2,0	3,3	5,5	6,8	8,0	2,5	0,26	8,0	10,5	16,0	33,6	49,5	68,0	10,1	0,31
	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	7	0	2,2	3,6	5,7	6,9	8,0	2,8	0,27	8,0	10,4	17,0	42,2	67,5	99,0	9,5	0,30
	8	0	2,8	4,2	6,3	7,5	8,5	3,6	0,26	10,0	11,8	16,5	34,1	51,5	73,0	11,2	0,38
$M_{4g}L$	9	0	2,5	4,2	7,2	9,1	10,6	3,2	0,21	10,0	11,8	17,0	37,8	59,0	(85,9)	11,1	0,39
	10	0	2,1	3,8	6,8	8,7	10,5	2,7	0,22	8,0	10,5	16,0	34,1	50,6	70,0	10,0	0,31
	11	0	1,8	3,5	6,6	8,6	10,5	2,3	0,22	8,0	10,5	17,0	40,4	63,0	(90,6)	9,7	0,29
	12	0	2,0	3,3	5,5	6,8	8,0	2,6	0,27	8,0	10,5	17,0	40,4	63,0	(90,6)	9,7	0,29
	13	0	2,3	3,0	3,9	4,4	4,8	2,8	0,38	6,0	8,6	15,0	37,1	58,0	(83,0)	7,9	0,28
	14	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	15	0	2,2	3,7	6,3	7,8	9,2	2,8	0,22	8,0	10,4	16,0	34,6	51,7	72,0	9,9	0,31
	16	0	2,2	3,1	4,4	5,1	5,7	2,8	0,28	8,0	10,2	16,0	37,2	58,0	(83,5)	9,5	0,33
	17	0	2,4	4,1	7,1	8,9	10,6	3,0	0,22	8,0	10,6	16,0	32,4	46,0	63,0	10,3	0,30
	18	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	19	0	2,4	3,5	5,3	6,3	7,2	3,0	0,31	7,0	10,3	16,0	31,2	43,5	57,0	10,4	0,27
M_5L	20	0	2,6	3,3	4,3	4,8	5,2	3,1	0,40	3,0	8,7	17,0	37,6	53,2	70,0	9,2	0,17
	21	0	2,4	3,6	5,3	6,2	7,0	3,1	0,26	6,0	9,0	15,0	32,7	47,8	65,0	8,8	0,27
	22	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	23	0	2,6	3,7	5,2	6,0	6,7	3,2	0,33	7,0	9,6	15,0	31,4	45,6	62,0	9,3	0,30
	24	0	2,6	3,6	4,9	5,6	6,2	3,2	0,35	7,0	8,6	13,0	29,5	45,8	66,0	8,1	0,44
M_6L	25	0	2,1	3,4	5,4	6,5	7,6	2,7	0,24	7,0	9,0	14,0	32,1	49,6	71,0	8,4	0,37
	26	0	2,5	3,5	4,8	5,4	6,0	3,2	0,38	6,0	8,6	15,0	36,3	56,0	(79,5)	8,1	0,28
	27	0	2,1	3,3	5,3	6,5	7,5	2,7	0,25	7,0	9,2	15,0	35,8	56,0	(80,6)	8,5	0,28
	28	0	2,3	3,3	4,7	5,4	6,1	2,9	0,31	5,0	8,1	14,0	31,1	45,6	62,0	7,9	0,28
	29	0	2,4	3,4	4,8	5,6	6,3	3,0	0,31	5,0	7,5	13,0	30,9	47,0	66,0	7,0	0,32
M_7L	30	0	2,2	3,3	5,2	6,2	7,1	2,8	0,28	5,0	7,3	13,0	32,3	50,4	72,0	6,8	0,33
	31	0	1,8	2,8	4,5	5,5	6,3	2,3	0,29	5,0	8,0	15,0	38,0	59,0	(83,9)	7,4	0,25
	32	0	2,4	3,5	5,0	5,8	6,8	3,1	0,32	6,0	9,0	15,0	33,2	48,9	67,0	8,7	0,28
	33	0	2,5	3,5	4,7	5,4	6,0	3,1	0,33	5,0	8,0	14,0	32,4	48,5	67,0	7,6	0,28
	34	0	2,8	4,1	6,1	7,2	8,2	3,5	0,27	6,0	9,3	16,0	36,3	54,0	(74,3)	8,9	0,25
M_8L	35	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	36	0	2,1	3,4	5,4	6,5	7,6	2,7	0,28	6,0	9,5	16,0	34,7	50,4	68,0	9,3	0,25
	37	0	2,6	3,5	4,8	5,4	6,0	3,1	0,36	6,0	7,7	12,0	26,9	41,0	58,0	7,3	0,42
	38	0	2,4	3,5	5,2	6,2	7,0	3,0	0,28	6,0	8,3	13,0	27,5	40,3	56,0	8,0	0,35
M_9L	39	0	2,4	3,5	5,1	6,0	6,8	3,1	0,32	5,0	8,4	14,0	28,9	40,9	54,0	8,5	0,28
	40	0	2,3	3,3	4,8	5,6	6,3	2,9	0,34	5,0	8,2	14,0	30,3	43,9	59,0	8,1	0,28
	41	0	2,3	3,6	5,6	6,8	7,8	3,0	0,28	7,0	9,0	14,0	31,0	47,0	(66,2)	8,5	0,36
	42	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
$M_{10}L$	43	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	44	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	45	0	2,5	3,9	5,9	7,0	8,0	3,2	0,28	7,0	8,8	13,0	26,9	39,8	55,0	8,4	0,39
	46	0	2,4	3,8	6,0	7,2	8,3	3,1	0,29	6,0	8,1	13,0	(29,4)	(44,6)	(62,6)	7,6	0,39
										6,0	(8,1)	(13,1)	29,7	45,1	63,0	7,7	0,35
$M_{14p}L$	47	0	2,3	3,6	5,6	6,7	7,6	3,0	0,31	6,0	8,5	14,0	(31,9)	(48,0)	(67,0)	8,0	0,35
										6,0	(9,6)	(17,6)	43,5	67,0	(94,6)	8,9	0,24

Haupttabelle X b. (Forts.).

	Nr	Zyklus II gerechnet von $t=0$								Zyklus III korrigiert zur Zeit $T=0$							
		$t_{0.2}$	t_{-1}	$t_{0.5}$	t_1	t_2	t_3	t_m	h_m	$t_{0.3}$	t_{-1}	$t_{0.5}$	t_1	t_2	t_d	t_m	h_m
	48	0	2,4	3,7	5,8	6,9	8,0	3,1	0,30	6,0	8,6	14,0	(31,0)	(46,2)	(63,0)	8,2	0,35
										6,0	(9,2)	(17,8)	42,9	65,0	(89,9)	9,2	0,23
	49	0	2,4	3,8	6,0	7,2	8,3	3,1	0,29	6,0	8,1	13,0	(29,4)	(44,5)	(62,5)	7,6	0,37
										6,0	(8,3)	(13,8)	32,1	49,0	(69,1)	7,8	0,32
	50	0	2,4	3,8	6,0	7,2	8,3	3,1	0,29	6,0	7,7	12,0	(27,3)	(42,0)	(59,9)	7,2	0,47
										6,0	(7,8)	(12,5)	29,1	45,0	(64,3)	7,3	0,38
	51	0	2,4	3,8	6,1	7,4	8,6	3,0	0,28	6,0	7,9	13,0	(31,1)	(48,6)	(69,9)	7,4	0,42
										6,0	(8,3)	(14,1)	34,9	55,0	(79,5)	7,6	0,33
	52	0	2,4	4,0	6,6	8,1	9,6	3,1	0,26	5,0	7,2	12,0	(27,0)	(40,3)	(56,5)	6,9	0,38
										5,0	(7,7)	(13,5)	31,8	48,0	(66,9)	7,3	0,29
	53	0	2,4	3,9	6,4	7,8	9,1	3,1	0,30	6,0	7,5	11,5	(26,6)	(41,6)	(60,1)	7,0	0,50
										6,0	(8,0)	(12,0)	28,5	44,8	65,0	7,1	0,41
	54	0	2,5	3,9	6,1	7,3	8,4	3,2	0,29	5,0	7,8	13,5	(31,0)	(46,3)	(63,9)	7,4	0,28
										5,0	(7,8)	(13,7)	31,5	47,1	65,0	8,1	0,28
	55	0	1,9	3,4	5,9	7,4	8,9	2,4	0,25	7,0	8,3	12,0	(26,6)	(41,6)	(60,4)	7,8	0,62
										7,0	(8,6)	(13,2)	31,4	50,0	(73,4)	8,0	0,46
	56	.			—			—		—	—	—	—	—	—	—	—
$M_{14p}L$	57	0	2,5	3,9	6,2	7,5	8,7	3,1	0,29	6,0	7,7	12,0	(27,0)	(41,3)	(58,6)	7,3	0,45
										6,0	(8,1)	(13,4)	32,0	49,6	71,0	7,5	0,35
	58	—	.	—	—	—	—	—		—	—	—	—	—	—	—	—
	59	0	2,5	4,0	6,5	7,9	9,2	3,2	0,28	6,0	7,9	13,0	(31,6)	(49,7)	(72,0)	7,3	0,38
										6,0	(8,6)	(15,3)	40,0	(64,1)	(93,8)	7,7	0,32
	60	—	—	—	—	—	—	—	.	—	—	—	—	—	—	—	—
	61	0	2,5	3,9	6,0	7,2	8,3	3,2	0,32	6,0	8,3	13,0	(27,2)	(39,6)	(53,7)	8,1	0,35
										6,0	(7,6)	(13,7)	29,4	43,0	(58,6)	8,3	0,31
	62	0	2,5	3,9	6,0	7,2	8,3	3,2	0,32	6,0	7,8	12,0	(25,9)	(38,8)	(54,0)	7,4	0,44
										6,0	(8,5)	(14,1)	33,0	50,4	71,0	7,9	0,31
	63	0	2,5	3,9	6,2	7,5	8,7	3,2	0,29	6,0	8,1	12,5	(26,3)	(38,5)	(52,6)	7,8	0,38
										6,0	(8,2)	(13,0)	27,8	41,0	(56,2)	7,9	0,33
	64	0	2,5	3,9	6,2	7,5	8,7	3,2	0,29	6,0	8,5	13,0	(25,8)	(36,3)	(48,2)	8,4	0,37
										6,0	(9,1)	(14,6)	30,3	43,4	58,0	8,9	0,29
	65	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	66	0	2,6	4,0	6,1	7,3	8,3	3,3	0,29	6,0	8,2	13,0	(28,1)	(41,6)	(57,3)	7,9	0,37
										6,0	(8,7)	(14,5)	32,7	49,0	68,0	8,3	0,31
	67	0	2,6	4,0	6,1	7,2	8,2	3,4	0,31	6,0	8,6	13,0	(24,9)	(34,4)	(44,9)	8,6	0,56
										6,0	(9,7)	(15,9)	32,5	46,0	(60,8)	9,7	0,25
	68	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Mittel ($M_{4g}L$—$M_{10}L$):		0	2,3	3,5	5,4	6,5	7,5	2,9	0,27	6,8	9,4	15,2	34,2	53,4	71,7	8,9	0,30
Mittel ($M_{14p}L$):		0	2,4	3,8	5,9	7,3	8,5	3,1	0,26	6,0	8,1	12,8	(28,3)	(42,5)	(59,3)	7,7	0,39
										6,0	(8,5)	(14,2)	33,0	50,2	70,5	8,0	0,31

HAUPTTABELLE XI a.

LML-Tiere.

	Nr	Zyklus I	Zyklus II				Zyklus III			
		I_1	c_0	c_1	c_2	I_2	c_0	c_1	c_2	I_3
$L_{3g}M_5L$	1	0,34	0,4739	3,0400	1,2704	0,84	2,3527	1,2526	1,2526	4,17
	2	0,32	0,4514	3,9387	1,6992	0,80	2,3527	1,4386	1,4386	4,17
	3	0,26	0,3385	2,9463	1,0657	0,60	2,5953	1,2835	1,3852	4,60
	4	0,30	0,4344	3,8664	1,6680	0,77	2,3527	1,3177	1,1900	4,17
	5	0,28	0,2652	4,5429	1,3674	0,47	2,3527	1,3177	1,3177	4,17
	6	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	7	0,33	0,5811	3,9474	2,0467	1,03	2,3527	1,3652	1,3027	4,17
	8	0,32	0,5021	2,6689	1,2733	0,89	2,3527	1,1825	0,9993	4,17
	9	0,31	0,5191	2,9412	1,4453	0,92	2,3527	1,3806	1,3806	4,17
	10	0,30	0,5191	4,6800	2,2678	0,92	2,0593	1,0508	0,8611	3,65
$L_{3g}M_8L$	11	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	12	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	13	0,34	0,6601	2,6122	1,4663	1,17	2,3527	1,1930	1,1384	4,17
	14	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	15	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	16	0,34	0,7447	2,5164	1,4874	1,32	2,3527	1,0662	1,0174	4,17
	17	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	18	0,28	0,5247	3,3424	1,6425	0,93	2,3527	1,1469	1,0944	4,17
	19	0,34	0,5191	2,8961	1,4017	0,92	2,3527	1,0204	0,8623	4,17
$L_{3g}M_{13}L$	20	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	21	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	22	0,30	0,4739	2,2983	1,0065	0,84	2,3527	1,0614	0,9586	4,17
	23	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	24	0,28	0,5134	2,2082	1,0435	0,91	2,3527	1,1546	1,0427	4,17
	25	0,27	0,6432	3,2038	1,4432	1,14	2,0593	1,0405	0,8793	3,65
	26	0,27	0,6093	1,7125	0,9370	1,08	2,0593	1,1255	1,0164	3.65
	27	0,28	0,4514	2,6138	1,0970	0,80	2,3527	1,0994	1,0490	4,17
	28	0,26	0,3611	3,9182	1,4594	0,64	2,0593	1,0941	0,8514	3,65
	29	0,28	0,3836	3,9182	1,4594	0,68	2,3527	1,1959	1,0107	4,17
$L_{3g}M_{18}L$	30	0,22	0,4457	2,5237	1,2041	0,79	2,0593	1,0024	0,7800	3,65
	31	0,24	0,4119	3,9238	1,6927	0,73	2,3527	1,1890	1,0048	4,17
	32	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	33	0,26	0,5980	2,0658	1,1240	1,06	2,0593	1,0060	0,7829	3,65
	34	0,25	0,5980	2,0658	1,1240	1,06	2,0593	1,1403	0,9637	3,65
	35	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	36	0,22	0,4344	3,9200	1,6902	0,77	2,0593	1,1036	0,9967	3,65
$L_{3g}M_{23}L$	37	0,28	0,7560	3,2000	1,9267	1,34	2,0593	1,2020	1,1469	3,65
	38	0,24	0,5360	4,0650	1,9975	0,95	2.3527	1,1119	0,9730	4,17
	39	0,30	0,5642	3,7223	1,7212	1,00	2,3527	1,2177	1,0997	4,17
	40	0,26	0,4796	3,8735	1,7322	0,85	2,3527	1,2054	1,0886	4,17
	41	0,24	0,4739	4,4000	2,0992	0,84	2,0593	1,2074	1,1521	3,65
Mittel:		0,28	0,5078	2,8534	1,3614	0,90	2,2624	1,1633	1,0612	4,01

HAUPTTABELLE XI b.

LML-Tiere.

	Nr	Zyklus II gerechnet von $t=0$								Zyklus III korrigiert zur Zeit $t=0$							
		$t_{0.2}$	t_{-1}	$t_{0.5}$	t_1	t_2	t_3	t_m	h_m	$t_{0.3}$	t_{-1}	$t_{0.5}$	t_1	t_2	t_d	t_m	h_m
$L_{3g}\,M_5\,L$	1	0	1,5	2,6	4,5	5,6	6,6	2,0	0,28	4,0	6,7	14,0	40,7	66,9	99,0	5,8	0,30
	2	0	1,8	2,7	4,1	4,8	5,5	2,3	0,31	4,0	7,2	14,0	35,0	53,6	75,0	6,8	0,28
	3	0	1,3	2,3	4,0	5,0	6,0	1,7	0,22	4,0	7,4	16,0	46,7	76,2	112,0	6,4	0,30
	4	0	1,8	2,7	4,1	4,9	5,6	2,3	0,30	5,0	7,5	13,0	32,5	50,9	73,0	6,7	0,36
	5	0	1,4	2,0	2,9	3,3	3,7	1,8	0,28	4,0	6,9	14,0	38,4	61,4	89,0	6,2	0,29
	6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	7	0	2,2	3,3	5,0	5,9	6,7	2,8	0,33	4,0	6,7	13,0	33,7	52,6	75,0	6,2	0,32
	8	0	1,6	3,0	5,5	7,1	8,6	2,1	0,23	4,0	5,8	11,0	31,7	53,1	80,0	5,1	0,45
	9	0	1,8	3,1	5,4	6,8	8,1	2,3	0,25	4,0	7,1	14,0	37,3	57,0	(81,0)	6,5	0,28
	10	0	2,2	3,1	4,3	5,0	5,6	2,7	0,37	5,4	6,8	12,0	35,5	64,4	102,0	6,0	0,46
$L_{3g}\,M_8\,L$	11	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	12	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	13	0	2,0	3,6	6,8	8,8	10,7	2,5	0,25	4,0	6,3	13,0	39,2	66,0	(103,5)	5,4	0,34
	14	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	15	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	16	0	2,0	3,9	7,4	9,7	12,0	2,6	0,26	4,0	6,0	13,0	45,4	82,0	(130,7)	4,9	0,39
	17		—		—	—	—	—	—	—	—			—	—		—
	18	0	1,9	3,1	5,0	6,2	7,2	2,4	0,28	4,0	5,7	13,0	52,0	71,0	(109,0)	5,2	0,36
	19	0	1,7	3,0	5,3	6,8	8,1	2,2	0,25	4,0	5,4	11,0	38,5	70,9	105,0	4,5	0,53
$L_{3g}\,M_{13}\,L$	20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		—	—
	21	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	22	0	1,3	2,7	5,6	7,5	9,4	1,7	0,22	5,0	6,7	13,0	41,1	75,0	119,0	5,8	0,44
	23	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	24	0	1,4	3,0	6,2	8,4	10,6	1,7	0,22	5,0	6,8	13,0	39,6	63,8	97,0	6,1	0,40
	25	0	2,1	3,5	5,8	7,2	8,4	2,7	0,29	6,0	7,5	13,0	39,5	70,0	(111,0)	6,6	0,45
	26	0	1,4	3,5	9,1	13,5	18,3	1,4	0,20	5,0	6,7	13,0	42,2	66,9	103,0	6,0	0,36
	27	0	1,4	2,6	4,9	6,3	7,7	1,8	0,24	5,0	7,0	14,0	44,6	78,1	122,0	6,0	0,37
	28	0	1,6	2,4	3,6	4,2	4,8	2,0	0,28	5,0	6,4	11,0	31,6	54,2	84,0	5,7	0,49
	29	0	1,6	2,4	3,6	4,2	4,8	2,0	0,30	5,0	6,8	12,0	32,3	56,4	79,0	6,1	0,46
$L_{3g}\,M_{18}\,L$	30	0	1,6	3,0	5,7	7,5	9,2	1,6	0,20	5,0	6,2	11,0	35,4	64,7	106,0	5,4	0,56
	31	0	1,8	2,7	4,1	4,9	5,5	2,3	0,28	5,0	6,8	12,0	32,5	53,5	80,0	6,1	0,44
	32	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	33	0	1,6	3,5	7,7	10,7	14,8	1,9	0,22	5,0	6,2	11,0	35,3	64,2	104,0	5,4	0,56
	34	0	1,6	3,5	7,7	10,7	14,8	1,9	0,22	5,0	6,7	12,0	34,2	57,7	88,0	5,9	0,40
	35	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	36	0	1,8	2,7	4,1	4,9	5,5	2,2	0,30	5,0	6,8	13,0	40,0	69,5	108,0	5,9	0,33
$L_{3g}\,M_{23}\,L$	37	0	2,4	4,0	6,7	8,2	9,7	3,1	0,30	4,0	6,3	13,0	38,9	65,1	98,0	5,4	0,30
	38	0	2,1	3,1	4,6	5,5	6,2	2,6	0,33	5,5	7,2	13,0	37,9	64,0	(102,2)	6,4	0,44
	39	0	1,9	2,9	4,5	5,4	6,2	2,4	0,35	4,0	6,1	12,0	34,5	57,0	(84,8)	5,3	0,38
	40	0	1,8	2,8	4,3	5,1	5,8	2,3	0,31	6,0	8,1	14,0	36,9	60,0	89,0	7,3	0,38
	41	0	2,1	3,0	4,3	5,1	5,7	2,6	0,34	5,0	7,3	14,0	39,7	65,6	98,0	6,5	0,30
Mittel:		0	1,7	3,0	5,3	6,7	8,1	2,2	0,26	4,7	6,7	12,8	37,8	63,8	96,9	5,9	0,37

HAUPTTABELLE XII a.

MLM-Tiere.

	Nr	Zyklus I	Zyklus II				Zyklus III			
		I_1	c_0	c_1	c_2	I_2	c_0	c_1	c_2	I_3
$M_{3g}L_5M$	1	0,36	0,5473	3,7479	1,2781	0,97	2,5953	1,4304	1,4896	4,60
	2	0,30	0,5755	2,6689	1,2233	1,02	2,5953	1,3995	1,3995	4,60
	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	4	0,32	0,4006	3,2936	1,2914	0,71	2,5953	1,3561	1,4122	4,60
$M_{3g}L_8M$	5	0,38	0,5585	3,8047	1,2152	0,99	2,5953	1,2105	1,2105	4,60
	6	0,34	0,5642	3,2368	1,1742	1,00	2,5953	1,2367	1,1800	4,60
	7	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	8	0,32	0,3498	2,5554	0,6792	0,62	2,5953	1,4213	1,4801	4,60
	9	0,34	0,4626	3,8047	1,2452	0,82	2,3527	1,3105	1,3105	4,17
	10	0,34	0,3611	2,7257	0,7004	0,64	2,5953	1,3058	1,2460	4,60
$M_{3g}L_{13}M$	11	0,30	0,5247	3,0664	1,4630	0,93	2,5953	1,3871	1,4445	4,60
	12	0,34	0,3836	3,8047	1,4252	0,68	2,5953	1,3654	1,3654	4,60
	13	0,29	0,4231	3,8047	1,5252	0,75	2,5953	1,4038	1,4723	4,60
	14	0,27	0,5247	3,0664	1,4630	0,93	2,5953	1,3845	1,4942	4,60
	15	0,30	0,5078	3,5151	1,6071	0,90	2,5953	1,4153	1,5274	4,60
	16	0,30	0,4062	3,6343	1,4239	0,72	2,5953	1,2196	1,2196	4,60
$M_{3g}L_{18}M$	17	0,28	0,4908	2,9529	1,3088	0,87	2,5953	1,2244	1,1683	4,60
	18	0,29	0,5134	2,9529	0,9388	0,91	2,5953	1,2074	1,1521	4,60
	19	0,26	0,4908	3,6911	1,6410	0,87	2,5953	1,2367	1,1801	4,60
	20	0,28	0,4344	3,7479	1,5281	0,77	2,5953	1,3995	1,3995	4,60
	21	0,34	0,3047	3,8614	1,1923	0,54	2,5953	1,4304	1,4896	4,60
$M_{3g}L_{23}M$	22	0,28	0,5473	3,2800	1,6749	0,97	2,5953	1,4304	1,4896	4,60
	23	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	24	0,32	0,4852	3,4072	1,4956	0,86	2,5953	1,5010	1,5631	4,60
	25	0,32	0,4231	3,2936	1,2914	0,75	2,5953	1,4148	1,4734	4,60
	26	0,30	0,3724	4,0258	1,6707	0,66	2,5953	1,4590	1,5223	4,60
Mittel:		0,31	0,4683	3,2834	1,3065	0,83	2,5840	1,3491	1,3720	4,58

HAUPTTABELLE XII b.

MLM-Tiere.

	Nr	Zyklus II gerechnet von $t=0$								Zyklus III korrigiert zur Zeit $t=0$							
		$t_{0.2}$	t_{-1}	$t_{0.5}$	t_1	t_2	t_3	t_m	h_m	$t_{0.3}$	t_{-1}	$t_{0,5}$	t_1	t_2	t_d	t_m	h_m
$M_{3g}\,L_5\,M$	1	0	1,4	2,2	3,4	4,1	4,7	1,8	0,45	3,0	6,5	14,0	37,3	58,0	82,0	6,0	0,28
	2	0	1,6	2,9	5,3	6,8	8,3	2,0	0,28	3,0	6,1	13,0	35,0	54,8	78,0	5,6	0,31
	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	4	0	1,5	2,5	4,0	5,0	5,8	1,9	0,26	3,0	6,3	14,0	39,5	63,1	91,0	5,6	0,29
$M_{3g}\,L_8\,M$	5	0	1,4	2,1	3,2	3,8	4,4	1,7	0,49	4,0	6,6	14,0	42,4	71,0	(106,7)	5,6	0,34
	6	0	1,4	2,3	3,8	4,7	5,5	1,8	0,39	4,0	6,4	13,0	37,6	61,9	92,0	5,6	0,37
	7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	8	0	1,0	1,8	3,5	4,5	5,6	1,2	0,26	3,0	6,5	14,0	37,6	58,6	83,0	6,0	0,28
	9	0	1,4	2,1	3,3	3,9	4,5	1,8	0,39	4,6	6,9	14,0	38,6	62,0	90,0	6,1	0,29
	10	0	1,0	1,8	3,3	4,2	5,1	1,3	0,28	3,0	5,6	12,0	34,3	55,5	81,0	4,9	0,36
$M_{3g}\,L_{13}\,M$	11	0	1,8	3,0	5,1	6,4	7,5	2,3	0,27	3,0	6,4	14,0	38,6	60,9	87,0	5,8	0,28
	12	0	1,5	2,4	3,6	4,3	5,0	2,0	0,29	3,0	6,0	13,0	36,0	57,0	(81,9)	5,4	0,31
	13	0	1,6	2,5	3,9	4,6	5,3	2,1	0,30	3,0	6,4	14,0	38,1	59,7	85,0	5,9	0,28
	14	0	1,8	3,0	5,1	6,4	7,5	2,3	0,27	3,0	6,7	15,0	41,9	66,3	95,0	6,0	0,26
	15	0	1,8	2,9	4,6	5,5	6,4	2,3	0,31	3,0	6,8	15,0	40,9	64,1	91,0	6,2	0,26
	16	0	1,6	2,5	3,9	4,6	5,4	2,0	0,29	3,0	5,6	13,0	41,0	(69,1)	(104,0)	4,7	0,33
$M_{3g}\,L_{18}\,M$	17	0	1,7	2,8	6,0	7,0	7,4	2,2	0,21	4,0	6,4	13,0	38,0	63,0	(94,0)	5,5	0,37
	18	0	1,2	2,1	3,6	4,5	5,4	1,4	0,39	4,0	6,3	13,0	38,7	64,6	97,0	5,5	0,38
	19	0	1,8	2,8	4,3	5,2	6,0	2,3	0,31	4,0	6,4	13,0	37,6	61,9	92,0	5,6	0,37
	20	0	1,7	2,6	3,9	4,8	5,4	2,1	0,30	3,0	6,1	13,0	35,0	54,8	78,0	5,6	0,31
	21	0	1,3	2,0	3,1	3,7	4,2	1,7	0,27	2,0	5,5	13,0	36,3	57,0	81,0	5,0	0,28
$M_{3g}\,L_{23}\,M$	22	0	2,0	3,2	5,3	6,5	7,7	2,5	0,27	5,0	8,5	16,0	39,3	60,0	84,0	8,0	0,28
	23	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	24	0	1,7	2,7	4,4	5,4	6,3	2,2	0,29	3,0	6,7	14,0	35,5	54,0	75,0	6,4	0,28
	25	0	1,5	2,5	4,0	5,0	5,8	1,9	0,28	3,0	6,5	14,0	37,8	59,0	(83,7)	5,9	0,28
	26	0	1,7	2,6	3,9	4,6	5,2	2,2	0,27	3,0	6,6	14,0	36,6	56,3	79,0	6,2	0,28
Mittel		0	1,5	2,5	4,1	5,0	5,9	2,0	0,30	3,3	6,4	13,7	38,1	60,6	87,4	5,6	0,30

Literatur.

Adolph, E. F.: The regulation of adult body size in the protozoan Colpoda. J. exp. Zool. *53*, 1929, p. 269.

Agar, W. E. (a): Transmission of environmental effects from parent to offspring in Simocephalus vetulus. Phil. Trans. Roy. Soc. London, *86 b*, 1913, p. 115.

— (b): The transmission of environmental effects from parent to offspring in Simocephalus vetulus. Ibidem. *203 B*, 1913, p. 319.

— Parthenogenetic and sexual reproduction in Simocephalus vetulus and other cladocera. J. of Gen. *3*, 1913/14, p. 179.

Allen, E.: Geographical variation among North American mammals, especially in respect to size. Amer. Nat. *10*, 1876, p. 625.

Alpatov, W. W. and Pearl R.: Experimental studies on the duration of life. XII. Influence of temperature during the larval period and adult life on the duration of life of the emago of Drosophila melanogaster. Amer. Nat. *63*, 1929, p. 37.

Alpatov, W. W.: Experimental studies on the duration of life. XIII. The influence of different feeding during larval and emaginal stages on the duration of life of the imago of Drosophila melanogaster. Amer. Nat. *64*, 1930, p. 37.

Anderson, B. G.: Growth and sexual maturity in Daphnia magna. Proc. Soc. Exp. Biol. Med. *28*, 1930/31, p. 334.

— Regeneration in the carapace of Daphnia magna. I. The relation between the amount of regeneration and the area of the wound during single adult instars. Biol. Bull. *64*, 1933, p. 70.

Anderson, B. G., Lumer H. and Zupancic, L. J. Jr: Growth and variability in Daphnia pulex. Biol. Bull. *73*, 1937, p. 444.

Aron, H. (a): Nutrition and growth. The Philippine Journ. Sci. *6 B*, 1911, p. 1.

— (b): Wachstum und Ernährung. Biochem. Zeitschr. *30*, 1911, p. 207.

Backman, G.: Über generelle Wachstumsgesetze beim Menschen. Acta Univ. Latv. XII, 1925, p. 318.

— Das Wachstumsproblem. Erg. d. Physiol. *Bd 33*, 1931, p. 883.

— Wachstumsverlauf und Wachstumsfunktionen. Skand. Arch. f. Physiol. *62*, 1932, p. 127.

— (a): Die organische Zeit. Lunds Universitets Årsskr. N. F. Avd. 2. *Bd 35*. Nr 7, 1939.

— (b): Methodik der theoretischen Wiedergabe beobachteter Wachstumsserien. Ibid. *Bd 35*. Nr 8, 1939.

— (c): Wachstum und Sterblichkeit. Ibidem. *Bd 35*. Nr 11, 1939.

— (d): Das Wachstum der weissen Maus. Ibidem. *Bd 35*. Nr 12, 1939.

— (a): Gewichtswachstum des Mannes. W. Roux' Arch. f. Entw. Mech. d. Org. *140. Bd*, 2. H., 1940, p. 285.

— (b): Gewichtswachstum der Frau. Ibidem. *140. Bd*, 2. H. 1940, p. 315.

— Das Wachstum der Bäume. Ibidem. *141. Bd*, 3. H. 1941, p. 455.

— Das Wachstum einiger Kulturpflanzen. Ibidem. *141. Bd*, 4. H., 1942, p. 770.

— (a): Wachstum und organische Zeit. Bios. Bd 15. 1943.

— (b): Affiner Wachstumsverlauf. Roux' Arch. (Korr. 1943).

— (c): Die Lebensdauer. Physis, 1943.

Bacon of Verulam: Historia vitae et mortis. 1638.

Baily, J. L.: Some data on growth, longevity, and fecundity in Lymnea columella. Biol. Gen. *7*, 1931, p. 407.

Banta, A. M.: One hundred parthenogenetic generations of Daphnia without sexual forms. Proc. Soc. Exp. Biol. Med. *11*, 1914, p. 180.

— A convenient culture medium for Daphnids. Science N. S. *53*, 1921, p. 557.

Banta, A. M. and Wood, T. R.: Inheritance in Parthenogenesis and in Sexual Reproduction in Cladocera. Int. Rev. d. ges. Hydrobiol. u. Hydrogr. *19*, 1928, p. 264.

Bardeen, C. R.: Further studies on the variation in susceptibility of amphibian ova to the X-rays at different stages of development. Amer. J. Anat. *11*, 1910/11, p. 419.

Bauer, H. und Timoféeff-Ressovsky, N. W.: Vererbung und Vererbungscytologie von Drosophila im Schulversuch. Der Biologie *VIII*, 1939, H. 10, p. 324.

Berg, K.: Studies on the genus Daphnia O. F. Müller, with special reference to the mode of reproduction, Vidensk. Meddel. Dansk naturh. Foren. *92*, 1931, p. 1.

— Die Geschlechtsbestimmung und die Depression bei den Cladoceren. Verh. d. Int. Ver. f. theor. u. angew. Limnol. Bd *6*, Teil II, 1934, p. 314.

— Reproduction and depression in the Cladocera illustrated by the weigth of the animals. Arch. f. Hydrobiol. *30*, 1936, p. 438.

Boas, F.: The influence of environment upon development. Proc. Nat. Acad. Sci. *6*, 1920, p. 489.

v. Boetticher, H.: Klima und Körpergrösse der warmblütigen Tiere. Zool. Anz. *41*, 1913, p. 570.

Bond, R. M.: A culture method for Daphnia. Science *79*, 1934, p. 60.

Child, C. M.: A sexual breeding and prevention of senescence in Planaria velata. Biol. Bull. *26*, N:o 5, 1914, p. 286.

— Senescence and rejuvenescence. The University of Chicago Press, Chicago 1915.

Chipman,jr. W. A.: A new culture medium for Cladocerans. Science *79*, 1934, p. 79.

Commins, W. D.: The effect of castration at various ages upon the adult weight of male albino rat. J. Exp. Zool. *63*, 1932, p. 573.

Conklin, E. G.: Problems of development. Amer. Nat. *63*, 1929 p. 5.

Dahlberg, G.: Twin births and twins from a hereditary point of view. Stockholm 1926.

Deutsch, J.: Über die Beeinflussung frühester Entwicklungsstufen von Amphibien durch Organsubstanzen. I. Mitteilung. Arch. f. Entw. Mech. d. Org. *100*, 1924, p. 302.

— Über die Beeinflussung frühester Entwicklungsstufen von Amphibien durch Organsubstanzen. Ibidem. *109*, 1927, p. 110.

Disselhorst, R.: Die Lebensdauer domestizierter und wildlebender Tiere. Kuhn-Arch. *7*, 1918, p. 169.

Dublin, L. I. and Lotka, A. J.: Length of life. A study of the life table. The Ronald Press Company, New York, 1936.

Dunham, H. H.: Abundant feeding followed by restricted feeding and longevity in daphnia. Physiol. Zool. *11*, 1938, p. 399.

Edlén, Å.: Experimentelle Wachstumsstudien an Daphnia magna. L.U.Å. N. F. Avd. 2, Bd 34, Nr 1, 1937.

— Geburt, Geschlechtsreife und Vermehrung in Beziehung zum Wachstumsverlauf bei Daphnia magna. W. Roux' Arch. f. Entw. Mech. d. Org. *137*, 5. H., 1938, p. 804.

— Biologisches Verhalten der Daphnia magna im Licht und Dunkel. Zugleich ein Beitrag zum Problem der Lebensenergie. Kungl. Fysiogr. Sällsk. Lund. Förh. Bd *9*, Nr 11 1939.

— Tabellverk till »Wachstum und Milieu bei Daphnia magna. etc. Akad. Avh. Lund, 1943.» Anat. Inst. Lund, Univ. Bibl., Lund. Uppsala Univ. Bibl., Karol. Inst. Bibl., Stockholm.

Fage, L.: Remarques sur la mue des Crustacées. Arch. Mus. nation. Hist. nat. *12*, 1935, p. 363.

Fischel, A.: Über chemische Unterschiede zwischen frühen Entwicklungsepochen. Arch. f. Entw. Mech. d. Org. *41*, 1915, p. 312.

Flower, S. S.: Contributions to our knowledge of the duration of life in vertebrate animals. Proc. Zool. Soc. London, P. 1—2, 3—4, 1925, p. 247, 911.

Fritzsche, H.: Studien über Schwankungen des osmotischen Druckes der Körperflüssigkeit bei Daphnia magna. Int. Rev. d. Hydrob. u. Hydrogr. *8*, 1917, p. 22.

Gee, W.: Effects of acute alcoholization on the germ cells of Fundulus heteroclitus. Biol. Bull. *31*, 1916, p. 379.

Gellis, S. S. and Clarke G. L.: Organic matter in dissolved and in colloidal forms as food for Daphnia magna. Physiol. Zool. *8*, 1935, p. 127.

Gilchrist, F. G.: The time relations of determinations in early amphibian development. J. exp. Zool. *66*, 1933, p. 15.

Hartmann, O.: Über den Einfluss der Temperatur auf Grösse und Beschaffenheit der Zelle und Kern in Zusammenhange mit der Beeinflussung von Funktion, Wachstum und Differenzierung der Zellen und Organe. Arch. f. Entw. Mech. d. Org. *44*, 1918, p. 589.

Hatai, S.: Effect of partial starvation following by return to normal diet, on the growth of the body and central nervous system of albino rat. Amer. J. Physiol. *18*, 1907/08, p. 309.

Heberer, G.: Über eine Population von Daphnia cephalata King aus Flores. Verh. d. zool. Ges. *32*, 1928, p. 70. Zool. Anz. Suppl. 3.

v. Herwerden, M. A.: Untersuchungen über die parthenogenetische und geschlechtliche Fortpflanzung von Daphnia pulex. Verh. K. Akad. v. Wetensch. Amsterdam, Tweede Sect. Deel. XX. N:o 3, 1918.

— Over den invloed van de bijnierschors op groei en voortplanting van lagere organismen en haar vermoedlijhe antitoxische werking. Versl. v. d. gew. Verg. d. Wis. en Natuurk. Afd. d. k. Acad. v. Wetensch. te Amsterdam *29*, 1920/21, p. 1196.

— Der Einfluss der Nebennierenrinde auf das Wachstum und die Fruchtbarkeit von Daphnia pulex. Arch. f. mikroskop. Anat. u. Entw. Mech. *98*, 1923, p. 221.

— Effects of suprarenal extract on growth and fecundity of Daphnia pulex. Arch. f. Entw. Mech. d. Org. *109*, 1927, p. 449.

Hogben, L.: Nature and nurture. London 1939.

Ingle, L.: Effects of environmental conditions on longevity. Science N. S. *78*, 1933, p. 511.

Ingle, L., Wood, T. R. and Banta, A. M.: A study of longevity, growth, reproduction and heart rate in Daphnia longispina as influenced by limitations in quantity of food. J. exp. Zool. *76*, 1937, p. 325.

Jackson, C. M. and Stewart, C. A.: The effects of inanition in the young upon the ultimate body and the various organs in the albino rat. J. exp. Zool. *30*, 1920, p. 97.

Jennings, H. S.: Genetics. London, 1935, p. 237.

Jennings, H. S. and Lynch, R. S.: Age, mortality, fertility, and individual diversities in the rotifer Proales sordida Gosse. J. exp. Zool. *51*, 1928, p. 339.

Jirovec, O.: Über einige in Daphnia magna parasitierende Microsporidien. Zool. Anz. *116*, 1936, p. 136.

Job, T. T., Leibold, G. J. and Fitzmaurice, H. A.: Biological effects of roentgen rays. The determination of critical periods in mammalian development with X-rays. Amer. J. Anat. *56*, 1935, p. 97.

Johanssen, W.: Über Erblichkeit in Populationen und in reinen Linien. Jena 1903.

Kammerer, P.: Vererbung erzwungener Fortpflanzungsanpassungen. I. u. II. Mitteilung: die Nachkommen der spätgeborenen Salamandra maculosa und der frühgeborenen Salamandra atra. Arch. f. Entw. Mech. d. Org. *25*, 1908, p. 7.

— Die Wirkung äusserer Lebensbedingungen auf die organische Variation im Lichte der experimentellen Morphologie. Ibidem. *30*, 1910, p. 379.

Vererbung erzwungener Farbveränderungen. IV. Mitteilung. Das Farbkleid des Feuersalamanders (Salamandra maculosa Laurentii) in seiner Abhängigkeit der Umwelt. Ibidem. *36*, 1913, p. 4.

Kappers, C. U. A.: The Central Asiatic barrier and the distribution and associated occurrence of cephalic index peaks in Asiatic-European races. Koninkl. Akad. v. Wetensch. te Amsterdam. Proc. Vol. *37*, No. 9, 1934, p. 602.

King, H. D.: On the postnatal growth of the body and of the central nervous system in albino rats that are undersized at birth. Anat. Rec. *11*, 1916/17, p. 41.

Kopeć, S.: Studies on the influence of inanition on the development and the duration of life in insects. Biol. Bull. *46*, 1924, p. 1.

— On the influence of intermittent starvation on the imaginal stage of Drosophila melanogaster. Brit. J. Exp. Biol. *5*, 1928, p. 204.

Kopeć, S. und Latyszewski, M.: Untersuchungen über das Wachstum der Mäuse unter dem Einfluss intermittierender Fütterung. I. Darreichung unvollwertige Nahrung abwechselnd mit vollständiger Karenz. Biol. Gen. *8*, 1932, p. 163.

Korschelt, E. und Heider, K.: Lehrbuch der vergleichenden Entwicklungsgeschichte der Wirbellosen Tiere. Jena 1893, Spez. Teil, p. 310.

— Ibidem. 1902. Allg. Teil. p. 309.

Křiženecký, J.: Ein Versuch zur statistisch-graphischen Untersuchung und Analyse der zeitlichen Eigenschaften der Regenerationsvorgänge. Arch f. Entw. Mech. d. Org. *42*, 1917, p. 622.

Křiženecký, J. und Cetl, V.: Über die Abhängigkeit der Körpergrösse von dem Grade der Assimilationsintensität. Arch. f. Entw. Mech. d. Org. *100*, 1924, p. 164.

Křiženecký, J. und Petrov, I.: Weitere Untersuchungen über das Wachstum beim absoluten Hungern. Zugleich ein Beitrag zur Kenntnis der Veränderungen in der Zusammensetzung des Körpers bei Froschkaulquappen durch Inanition. W. Roux' Arch. f. Entw. Mech. d. Org. *107. Bd*, 2. H. 1926, p. 299.

Langhans, V. K.: Über experimentelle Untersuchungen zu Fragen der Fortpflanzung, Variation und Vererbung in Daphniden. Verh. d. deutsch. zool. Ges. auf d. 19. Jahresvers. zu Frankfurt a. M. 1909.

Levy, O.: Mikroskopische Untersuchungen zu Experimenten über den Einfluss der Radiumstrahlen auf embryonale und regenerative Entwicklung. Arch. f. Entw. Mech. d. Org. *21*, 1906, p. 130.

Lévy, R. (a): Mode de préparation de la Daphnie permettant de faire battre son cœur en milieu artificiel. C. R. Soc. Biol. *97*, 1927, p. 1600.

— (b): Sensibilité aux action chimique du cœur de la Daphnie préparée, battant en milieu artificiel. Ibidem, *97*, 1927, p. 1602.

Loeb, J. and Northrop, J. H.: On the influence of food and temperature upon the duration of life. J. Biol. Chem. *32*, 1917, p. 103.

Lynch, R. S. and Smith, H. B.: A study of the effect of modifications of the culture medium upon length of life and fecundity in a rotifer, Proales Sordida, with special relation to their heritability. Biol. Bull. *60*, 1931, p. 30.

MacArthur, J. W. and Baillie, W. H. T.: Relations between metabolism, longevity, and sex in Daphnia magna as expressed at different temperatures. Anat. Rec. *37*, 1927, p. 146.

— (a): Metabolic activity and duration of life. I. Influence of temperature on longevity in Daphnia magna. J. exp. Zool. *53*, 1929, p. 221.

— (b): Metabolic activity and duration of life. II. Metabolic rates and their relation to longevity in Daphnia magna. Ibidem. *53*, 1929, p. 243.

Maphigi: Traité du ver à soie. 1878.

McCay, C. M.: Is longevity compatible with optimum growth? Science *77*, 1933, p. 410.

McCay, C. M. and Crowell, M. F.: Prolonging the life span. Sci. Monthly *39*, 1934, p. 405.

McCay, C. M., Crowell, M. F. and Manyard, L. A.: The effect of retarded growth upon the length of life span and upon the ultimate body size. J. Nutrition *10*, 1935, p. 63.

McCay, C. M., Maynard, L. A., Sperling, G. and Barnes, L. L.: Retarded growth, life span, ultimate body size and age changes in albino rat after feeding diets restricted in calories. J. Nutrition *18*, 1939, p. 1.

McCay, C. M., Maynard, L. A., Sperling, G. and Osgood, H. S.: Nutritional requirements during latter half of life. J. Nutrition *21*, 1941, p. 45.

McClendon, J. F.: On the effect of external conditions on the reproduction of Daphnia. Amer. Nat. *44*, 1910, p. 404.

Ménard, Saint-Yves: Contribution ā l'étude de la croissance. Thēse de Paris. 1885.

Merker, E.: Auf welche Weise verschaffen sich die Daphnien Nahrung. Naturforscher. H. *7*, 1925, p. 348.

Milewski, A. W.: Über Torniers experimentelle Untersuchungen über das Entstehen pathologischer Verwildungen bei Tieren sowie Weiteres über experimentelles Erziehen von monströsen Goldfischarten. Arch. f. Entw. Mech. d. Org. *44*, 1918, p. 472.

Mitchell, P. C.: On the longevity and relative viability in mammals and birds, with a note on the theory of longevity. Proc. Zool. Soc. London, 1911, p. 425.

Morgan, T. H.: Genetics and the physiology of development. Amer. Nat. *60*, 1926, p. 489.

Morgulis, S.: Studien über Inanition in ihrer Bedeutung für das Wachstumsproblem. II. Experimente an Triton cristatus. Arch. f. Entw. Mech. d. Org. *34*, 1912, p. 618.

Nagai, S.: Die Körperkonstitution des Japaners. Sonderabdruck aus: Die Biologie der Person. Ein Handbuch der allgemeinen und speziellen Konstitutionslehre. Bd *II*, Lfg. 13, 1928, p. 425.

Naumann, E.: Spezielle Untersuchungen über die Ernährungsbiologie des tierischen Limnoplanktons. I. Über die Technik des Nahrungserwerbs bei den Cladoceren und ihre Bedeutung für die Biologie der Gewässertypus. Lunds Univ. Årsskr. *Avd. 2.* 17. Nr 4, 1922.

— Die Zucht von Daphnia magna Straus. Abderhaldens Handb. d. biol. Arb. Meth. *Abt. 9*, 1925, p. 359.

— Die Massenzucht von nannoplanktischen Grünalgen als Futter für Wassertiere. Abderhaldens Handb. d. biol. Arb. Meth. *Abt. 9:2*, 1936, p. 1778.

Newman, H. H., Freeman, F. N. and Holzinger, K. J.: Twins: A study of heredity and environment. The University of Chicago Press. Chicago, Ill. 1937.

Northrop, J. H.: The effect of prolonging of the period of growth on the total duration of life. J. Biol. Chem. *32*, 1917, p. 123.

Osborne, T. B., Mendel, L. F. and Ferry, E. L.: The effect of retardation of growth upon the breeding period and duration of life of rats. Science *45*, 1917, p. 294.

Osborne, T. B., Mendel, L. F., Ferry, E. L. and Wakeman, A. J.: Acceleration of growth after retardation. Amer. J. Physiol. *40*, 1916, p. 16.

Ostwald, W.: Experimentelle Untersuchungen über den Saisonpolymorphismus bei Daphniden. Arch. f. Entw. Mech. d. Org. *18*, 1904, p. 415.

— Über die zeitlichen Eigenschaften der Entwicklungsvorgänge. Roux. Vortr. über Entw. Mech. 1908, H. 5, p. 1.

Pacaud, A. (a): Répartition de deux Cladocères communs et teneur des eaux en matières organiques dissoutes. Bull. Soc. Zool. France. *58*, 1933, p. 319.

— (b): Essai d'élevage de Cladocères, en milieu synthétique. C. R. Ac. Sci. Paris, *196*, 1933, p. 1050.

Pagliani, G.: Daphnia pulex (de Geer). Studio biologico in natura e sperimentale. Soc. Ital. di Scienze Nat. Milano. Atti, *74*, 1935, p. 295.

Papanicolau, G. (a): Bedingungen der sexuellen Differentierung bei Daphniden. Biol. Zentralbl. *30*, 1910, p. 430.

— (b): Experimentelle Untersuchungen über die Fortpflanzungsverhältnisse der Daphniden. (Simocephalus vetulus und Moina rectirostris var. Liljeborgi.) Biol. Zentralbl. *30*, 1910, p. 689, 737, 753, 784.

— (c): Experimentelle Untersuchungen über die Fortpflanzungsverhältnisse der Daphniden (Simocephalus vetulus und Moina rectirostris var. Liljeborgi) Biol. Zentralbl. *31*, 1910, p. 81.

Park, T., Miller, E. V. and Lutherman, C. Z.: Studies in population physiology. IX. The effect of imago population density on the duration of the larval and pupal stages of Tribolium confusum Duval. Ecology *20*, 1939, p. 365.

Passowicz, K.: Studien über das Verhalten des Wasserflohes Daphnia pulex de Geer in Zuchtlösungen von verschiedenen Wasserstoffionenkonzentrationen. Bull. Int. Acad. polon. Cl. Sci. math. et natur. S. B. II, Nr 3/5, 1935, p. 59.

Pearl, R.: A comparison of the laws of mortality in Drosophila and man. Amer. Nat. *56*, 1922, p. 398.

Pearl, R. and Doering, C. R.: A comparison of the mortality of certain lower organisms with that of man. Science, N. S. *57*, 1923, p. 289.

Pearl, R. and Miner, J. R.: Life tables of the pecan nut case bearer, Acrobasis Caryæ, Grote. Mémoires du Musée Royal d'histoire naturelle de Belgique. Deuxième Série, Fasc. 3. 1936, p. 169.

Pearl, R., Miner, R. J. and Parker, S. L.: Experimental studies on the duration of life. XI. Density of population and life duration in Drosophila. Am. Nat. *61*, 1927, p. 289.

Pearl, R. and Parker, S. L.: Experimental studies on duration of life. I. Introductory discussion of the duration of life in Drosophila melanogaster. Amer. Nat. *55*, 1921, p. 481.

— Experimental studies on the duration of life. X. The duration of life of Drosophila melanogaster in the complete abscence of food. Amer. Nat. *58*, 1924, p. 193.

Pearl, R., White, F. B. and Miner, J. R.: Age changes in alcohol tolerance in Drosophila melanogaster. Proc. of the Nat. Acad. of Sciences *15*, 1929, p. 425.

Podhradský, J.: Das Wachstum beim absoluten Hungern. Arch. f. Entw. Mech. d. Org. *52—97*, 1923, p. 532.

Podhratský, J. und Kostomarov, B.: Das Wachstum der Fische beim absoluten Hungern. Arch f. Ent. Mech. d. Org. *105*, 1925, p. 587.

Pollock, J. B.: Some physiological variations of plants, and their general significance. Science, N. S. *25*, 1907.

Pütter, A.: Lebensdauer und Alternsfaktor. Z. f. allg. Physiol. *19*, 1921, p. 9.

Ramner, W.: Über periodische Erscheinungen am Cladocera-Individuen. Int. Rev. Hydrobiol. *21*, 1929, p. 402.

— Pilzhyphen als Binnenschmarotzer lebender Daphnien. Zool. Anz. *130*, 1940, p. 30.

Rau, P. and Rau, N.: Longevity in Saturnid moths: an experimental study. J. exp. Zool. *12*, 1912, p. 179.

— Longevity in Saturnid moths and its relation to the function of reproduction. Trans. Acad. Sci. S:t Louis, *23*, N:o 1, 1914, p. 1.

Reed, H. S.: The rate of growth following an initial period of suppression. Amer. Nat. *55*, 1921, p. 539.

Robertson, T. B.: On the normal rate of growth. Arch. f. Entw. Mech. d. Org. *25*, 1908, p. 581.

Root, F. M.: Inheritance in the asexual reproduction of Centropyxis aculeata. Genetics *3*, 1918, p. 173.

Rubner, M.: Das Problem der Lebensdauer und seiner Beziehung zu Wachstum und Ernährung. München und Berlin, 1908.

Rudenschiöld, U.: Rön om furuträdens ålder uti Finland. Sv. Vet. Ak. Handl. *7*, 1746, p. 107.

Ruud, G. und Speemann, H.: Die Entwicklung isolierter dorsaler und lateraler Gastrulahälften von Triton tæniatus und agrestis, ihre Regulation und Postgeneration. Arch. f. Entw. Mech. d. Org. *52—97*, 1923, p. 95.

Rühberg, W.: Über eine Hefeinfektion bei Daphnia magna. Arch. f. Protistenkunde *80*, 1933, p. 72.

Sachs, J.: Lehrbuch der Bothanik. 4. Aufl. 1874.

Scharfenberg, U. v.: Studien und Experimente über die Eibildung und der Generationszyklus von Daphnia magna. Int. Rev. d. ges. Hydrobiol. *3*, 1910, p. 305.

Schmidt-Ries, H.: Beobachtungen an Brachionus uræus Linné var. rubens Ehrbg. Zool. Anz. *112*, 1935, p. 299.

Schultz, H.: Über die Bedeutung des Lichtes im Leben niederer Krebse (nach Versuchen an Daphniden). Z. vergl. Physiol. *7*, 1928, p. 488.

Sherman, H. C. and Campbell, H. L.: The influence of food upon longevity. Proc. Nat. Acad. Sci. *14*, N:o 11, 1928/29.

— Further experiments on influence of food upon duration of life. J. Nutr. *2*, 1929/1930, p. 415.

Slonaker, J. R.: The effect of a strictly vegetable diet on the spontaneous activity, the rate of growth and the longevity of the albino rat. Leland Stanford Junior University Publications, University Ser. *9*, 1912.

Smith, G.: The life cycle of Cladocera, with remarks on the physiology of growth and reproduction in Crustacea. Proc. Roy. Soc. London, *88*, 1915, p. 418.

Snider, G. and Kersten, H.: Susceptibility to soft X-rays of Daphnia magna during its development from egg to young in the brood pouch. J. exp. Zool. *74*, 1936, p. 1.

Stewart, C. A.: Growth of the body and of the various organs of young albino rats after inanition for various periods. Biol. bull. *31*, 1916, p. 16.

Stockard, C. R.: The influence of alcohol and other anæsthetics on embryonic development. Amer. J. Anat. *10*, 1910, p. 369.

— Developmental rate and structural expression: an experimental study of twins, »double monsters» and single deformities and the interaction among embryonic organs during their origin and development. Am. J. Anat. *28*, 1920/21, p. 115.

Svetlov, P.: Über die Regeneration während der Embryonalentwicklung. Arch. f. Entw. Mech. d. Org. *131*, 1934, p. 672.

Szabo, I. and Szabo M.: Duration of life, growth and aging; studies on snail. Biol. generalis *5*, 1929, p. 95.

Treillard, M.: Sur l'élevage en culture pur d'un Crustacé Cladocère: Daphnia magna. C. R. Acad. Sci. Paris. *179*, 1924, p. 1090.

— Daphnia magna Straus, en culture pure. Perennité de la parthenogénèse, nécessité de facteurs bactériens, pour l'apparition des formes sexuées. C. R. Soc. Biol. *93*, 1925, p. 1354.

— Daphnia magna en culture pure, nutrition liquide et figurée, nécessité de facteurs bactériens pour le métabolisme optimum. Ibidem. *93*, 1925, p. 1592.

Tressler, W. L. and Thelma, W.: Hydroponics solution used for Daphnia culture. Science N. S. *86*, 1937 II, p. 273.

Wagler, E.: Über Systematik, die geographische Verbreitung und die Abhängigkeit der Daphnia cucullata Sars von physikalischen und chemischen Einflüssen des Milieus. Int. Rev. d. ges. Hydrobiol. *11*, 1923, p. 41.

— Methoden der Süsswasserbiologie: Zucht von Wasserinsekten, Krebsen, Würmern, u. s. w. Abderhaldens Handb. d. biol. Arb. Meth. Abt. 9:2, 1925, p. 319.

— Crustacea entomostraca. Handbuch der Zoologie. Bd *3:1*, 1926/27, p. 305.

Walander, A.: Wachstum von Moina rectirostris. W. Roux' Arch. f. Entw. Mech. d. Org. *140. Bd*, 1. Heft. 1940, p. 39.

Vernon, H. M.: Variation in animals and plants. The internat. Sci. Ser. *88*, 1903.

Wesenberg-Lund, C.: Plankton Investigations of the Danish lakes. Part I. Kopenhagen 1904.

— Contributions to the biology and morphology of the genus Daphnia, with some remarks of heredity. D. Kgl. Danske Vidensk. Selsk. Skrifter. Naturvidensk. ob Mathem. Afd., 8. Række, *11*, 1926, p. 91.

Wexelsen, H.: Size inheritance in pigeons. J. exp. Zool. *76*, 1937, p. 161.

Weymouth, F. W. and MacMillin, H. C.: Relative growth and mortality of the Pacific Racor clam (Siliqua patula, Dixon) and their bearing on the commercial fisheery. Bull. of the Bureau of fish. Vol. *44*, 1930, p. 543.

Whiting, P. W.: Observations on blow flies; duration of the prepupal stage and color determination. Biol. Bull., *26*, N:o 3, 1914, p. 184.

Whittier, E. O., Cary, C. A. and Ellis, N. R.: Effects of lactose on growth and longevity. J. Nutrition *9*, 1935, p. 521.

Vogt, E.: Über den Einfluss des Lichtes auf das Wachstum der Koleoptile von Avena sativa. Zeitschr. f. Botan. *7*, 1915, p. 193.

Wohlgemuth, R.: Untersuchungen über die Biologie der Süsswasserostrakoden: ihr Vorkommen in Sachsen und Böhmen, ihre Lebensweise und Fortpflanzung. Int. Rev. d. ges. Hydrobiol. u. Hydrogr. Biol. Suppl. VI, Ser. III. H., 1914, p. 1.

Woltereck, R.: Über die Spezifität des Lebensraumes, der Nahrung und der Körperformern des pelagischen Cladoceren und über ökologische Gestaltsysteme. Biol. Zbl. *48*, 1928, p. 521.

— Technik der Variations und Erblichkeitsanalys bei Crustaceen. Abderhaldens Handbuch d. biol. Arbeitsmeth. Abt. *9*, 3:1, 1937, p 567.

Volterra d'Ancona, L.: Osservazioni in colture sull' accrescimento e sulla variabilita di Daphnia longispina e sull' influenza della temperatura sugli stessi. Bolletino di pesca, di pescicultura e di idrobiologia. *11*, 1926, p. 58.

— Risultati di ricerche zu Dafnie pelagiche dei laghi Albani e di Nemi. Verh. Intern. Ver. Limnologie, *4*, 1929, p. 631.

Wood, A. H.: The effect of temperature on the growth and respiration of fish embryos (salmo fario). J. exp. Biol. *9*, 1932, p. 271.

Wood, T. R. and Banta, A. M.: Interpretations of data on growth and reproduction (Daphnia longispina) Anat. Rec. *67*, 1936, p. 55.

Woshressensky, N. M.: Über die Wirkung der Röntgenbestrahlung auf das embryonale Wachstum. Arch. f. Entw. Mech. d. Org. *113*, 1928, p. 447.

Inhaltsverzeichnis.

Seite

Vorwort 3

Einleitung 5

Material 13

Methodik und Nomenklatur 17

A. Allgemeine Methodik 17

B. Spezielle Methodik 20

C. Nomenklatur 20

Statistische Bearbeitung des Materials und Analyse der Ergebnisse 22

Nomenklatur der Todesursachen. Allgemeine Prinzipien 22

Verteilung des Materials 22

Detailanalyse der Ergebnisse 26

Einfluss von Licht und Dunkel, verglichen mit dem Einfluss von Hunger und voll ausreichender Nahrung 31

Analyse der Hauptgruppen 33

Vergleich mit Temperaturversuchen. Parallelisierung verschiedener Milieus 39

Mathematisch-biologische Analyse des Wachstums und Lebensablaufs 42

A. Allgemeine Wachstumsgesetze 42

B. Allgemeine Methodik 45

C. Spezielle Methodik 47

D. Ergebnisse 48

Berechnung von durchschnittlichen Wachstumskurven 50

Vergleich zwischen theoretischem und beobachtetem Wachstum. Lebensdauer . . 52

Zusammenhang zwischen biologischen Daten und Quantengrenzen, sowie der Einfluss des Milieus auf diese 56

Die Relation Lebensdauer—Geschlechtsreife. Affines Wachstum 59

Lebenskraft 63

Senilität 65

Einfluss des Milieus auf die Wachstumskonstanten 67

Altern und organische Zeit 74

Quantengrenzen und Sterblichkeit 76

Zusammenfassung 86

Haupttabellen I—XII b 93

Literatur 118